

JAK PROJEKTOWAĆ BUDYNKI WEDŁUG AKTUALNYCH WARUNKÓW TECHNICZNYCH

(stan na 2020 r.)

 **IZOLACJE**

budownictwo | przemysł | ekologia



KLASA IZOLACJI



THERMANO
TERMOIZOLACJA
KLASY **A++**

sprawdź na www.thermano.eu



Styropian Austrotherm - zdrowe serce każdego systemu dociepleń

Dowiedz się więcej na:
www.austrotherm.pl/serce

Styropian dla wymagających

- ▶ rekomendowany przez wiodących producentów systemów ETICS
- ▶ gwarantujący trwałość i bezpieczeństwo elewacji
- ▶ zapewniający maksymalne oszczędności w budżecie domowym

NAJWYŻSZA ZAWARTOŚĆ
czystego styropianu w styropianie

MEDAL EUROPEJSKI



Mimo że Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, obowiązuje już ponad 5 lat, nadal nie wszystkie obiekty są projektowane zgodnie z określonymi w przepisach nowymi, zaostrzonymi wymaganiami izolacyjności cieplnej dla przegród zewnętrznych budynków.

Wraz z początkiem 2017 roku weszły w życie jeszcze bardziej rygorystyczne przepisy dotyczące współczynnika przenikania ciepła [U], kolejne zmiany czekają nas w 2021 r. Te zaostrzone wymagania od 2019 r. obowiązują już w przypadku budynków użyteczności publicznej.

W związku z tym niezwykle ważne jest, aby już na etapie projektowania dokonać szczegółowych obliczeń, które będą podstawą wyboru odpowiednich technologii i materiałów izolacyjnych.

W zebranych artykułach omawiamy nowe przepisy w kontekście projektowania przegród budynku – ścian, podłóg i dachów. Prezentujemy też rozwiązania i materiały, których zastosowanie pozwoli uzyskać niższe wartości współczynnika przenikania ciepła, aby spełnić obowiązujące wymagania i poprawić efektywność energetyczną budynków.

Anna Białorucka

Opracowanie
Jarosław Guzał
Anna Białorucka

Wydawca
GRUPA MEDIUM
Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością S.K.
ul. Karczeńska 18, 04-112 Warszawa
tel.: 22 810 21 24, faks: 22 810 27 42

© Copyright by GRUPA MEDIUM

Wszelkie prawa zastrzeżone. Żadna część tej pracy nie może być powielana czy rozpowszechniana w jakiegokolwiek formie, w jakiegokolwiek sposób elektroniczny bądź mechaniczny, włącznie z fotokopiowaniem, nagrywaniem na taśmy lub przy użyciu innych systemów bez pisemnej zgody wydawcy.

ISBN 978-83-64094-08-8

Redakcja techniczna
GRUPA MEDIUM

Projekt okładki
Łukasz Gawroński

Skład i łamanie
GRUPA MEDIUM

Wydanie V

Warszawa 2020

Publikacja wydana pod patronatem miesięcznika IZOLACJE

**IZOLACJE**
budownictwo | przemysł | ekologia

SPIS TREŚCI

Krzysztof Pawłowski

Analiza rozwiązań materiałowych ścian zewnętrznych i ich złączy w świetle aktualnych wymagań cieplnych 6

Ocieplenia ścian zewnętrznych »PREZENTACJA« 24

Modny trend – dachówki i klinkier w odcieniach szarości »PREZENTACJA« 34

Jerzy Żurawski

Efektywność energetyczna materiałów termoizolacyjnych 39

Sprawdzone sposoby na eliminację mostków cieplnych »PREZENTACJA« 46

Krzysztof Milczarek

Termoizolacja nakrokwiowa »PREZENTACJA« 52

Aleksandra Pieniążek, Joanna Szelaż, Jerzy Żurawski

Izolacje termiczne dachów skośnych. 55

Krzysztof Pawłowski

Projektowanie podłóg w świetle nowych wymagań cieplnych. 65

Mariusz Garecki

Wymagania w zakresie izolacyjności ścian – kolejny etap zmian 81

Radosław Jędrzak

Nowoczesna izolacja ścian w systemie ETICS czy docieplenie od wewnątrz »PREZENTACJA« 86

Paweł Gaciek

Kiedy należy stosować technologię ocieplenia na ociepleniu 90

System S-Line – jak docieplić budynek »PREZENTACJA« 100

Krzysztof Pawłowski

Wpływ usytuowania ocieplenia od wewnątrz na parametry fizyczne złączy budowlanych 104

System izolacji wewnętrznej ścian – Superwand DS® »PREZENTACJA« 110

Bronisław Gosowski

Problemy projektowe i wykonawcze związane z obudową z płyt warstwowych. 114

IPN-QuadCore – budynki przyszłości możliwe już dziś »PREZENTACJA« 126

DR INŻ. KRZYSZTOF PAWŁOWSKI

ANALIZA ROZWIĄZAŃ MATERIAŁOWYCH ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH I ICH ZŁĄCZY W ŚWIETLE AKTUALNYCH WYMAGAŃ CIEPLNYCH

Zmieniające się wymagania wobec przegród powodują, że na etapie projektowania i wykonywania pojawiają się nowe rozwiązania konstrukcyjno-materiałowe ścian zewnętrznych.

Ściana zewnętrzna stanowi sztuczną przegrodę między otoczeniem zewnętrznym (o zmiennej temperaturze i wilgotności) a wnętrzem (o określonej temperaturze i wilgotności). W pomieszczeniach przeznaczonych na stały pobyt ludzi powinny być zapewnione użytkownikom odpowiednie warunki w zakresie:

- » nośności konstrukcji,
- » ochrony ciepło-wilgotnościowej,
- » ochrony przed zmiennymi warunkami klimatycznymi: zmianą temperatury, deszczem, wiatrem,
- » ochrony przed hałasem,
- » ochrony przeciwpożarowej,
- » walorów architektonicznych i estetycznych.

Najczęściej stosowanymi technologiami wznoszenia ścian zewnętrznych budynków w Polsce są: technologia murowana lub drewniana. W TABELI 1 zestawiono wybrane wymagania dotyczące

Przegroda		Współczynnik przenikania ciepła $U_{C(max)}$ [$W/(m^2 \cdot K)$] przegród zewnętrznych budynku			
		Wymagania według rozporządzenia		Standard budynku według NFOŚiGW [3]	
		WT [2]	WT [1]	NF15	NF40
Ściana zewnętrzna	$t_i > 16^\circ C$	0,30	0,25 ¹⁾	$\leq 0,10$	$\leq 0,15$
			0,23 ²⁾		
			0,20 ³⁾		

TABELA 1. Wybrane graniczne wartości charakterystycznych parametrów budynku jednorodzinne w standardzie niskoenergetycznym

¹⁾ Od 1.01.2014 r., ²⁾ Od 1.01.2017 r., ³⁾ Od 1.01.2021 r.

ścian zewnętrznych w zakresie ochrony cieplnej według Rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013 r. zmieniającego rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [1], Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. zmieniającego rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [2], a także wytycznych NFOŚiGW [3]. Jednak spełnienie tych wymagań wiąże się z dodatkowymi kosztami, które ponosi inwestor w zakresie wykonania projektów wykonawczych, weryfikacji dokumentacji i budowy czy próby szczelności.

ROZWIĄZANIA KONSTRUKCYJNO-MATERIAŁOWE MUROWANYCH ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH

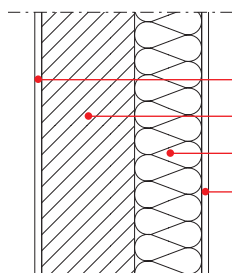
Do analizy wybrano ściany zewnętrzne murowane warstwowe (RYS. 1–3) składające się z:

- » warstwy konstrukcyjnej,
- » warstwy izolacji cieplnej,
- » warstwy pustki powietrznej dobrze wentylowanej (w przypadku ścian szczelinowych),
- » warstwy elewacyjnej (w przypadku ścian trójwarstwowych i szczelinowych).

Najczęściej stosowanymi materiałami do wznoszenia warstwy konstrukcyjnej są:

- » materiały ceramiczne: cegła pełna, cegła kratówka, cegła dziurawka, pustaki ścienne (MAX, SZ, U, z ceramiki pofryzowanej),
- » materiały silikatowe: pełne lub drążone,
- » elementy betonowe, np. pustaki szalunkowe,
- » pustaki z autoklawizowanego betonu komórkowego,
- » elementy murowe z kamienia naturalnego.

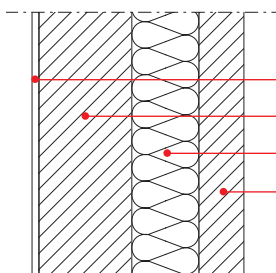
Głównym zadaniem tej warstwy jest zdolność przenoszenia obciążeń z wyższych kondygnacji oraz w wyniku parcia wiatru. W przypadku znaczących obciążeń często stosuje się słupy żelbetowe (jako trzpienie).



RYS. 1. Przykładowe rozwiązanie materiałowe ściany zewnętrznej murowanej dwuwarstwowej;

rys.: archiwum autora

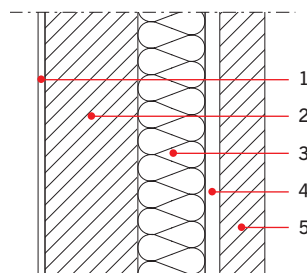
- 1 – tynk gipsowy,
2 – warstwa konstrukcyjna,
3 – izolacja cieplna, 4 – tynk cienkowarstwowy



RYS. 2. Przykładowe rozwiązanie materiałowe ściany zewnętrznej murowanej trójwarstwowej;

rys.: archiwum autora

- 1 – tynk gipsowy, 2 – warstwa konstrukcyjna, 3 – izolacja cieplna, 4 – warstwa elewacyjna



RYS. 3. Przykładowe rozwiązanie materiałowe ściany zewnętrznej murowanej szczelinowej;

rys.: archiwum autora

- 1 – tynk gipsowy, 2 – warstwa konstrukcyjna, 3 – izolacja cieplna, 4 – szczelina dobrze wentylowana, 5 – warstwa elewacyjna

Styropian – materiał syntetyczny, sztuczny, produkowany z granuliek poliestrowych, które podczas spienienia powiększają swoją objętość ponad czterokrotnie

Wełna mineralna – materiał nieorganiczny, włóknisty, produkowany z mieszaniny surowców naturalnych (bazyty, margle) i odpadowych (żużel wielkopiecowy)

Polistyren ekstrudowany – materiał produkowany w ciągłym procesie wyciskania i swobodnego rozprężenia pianki; otrzymuje się materiał (płyty) o jednorodnej budowie, bez widocznych granuliek polistyrenu; charakteryzuje się małą nasiąkliwością wody i dobrymi właściwościami mechanicznymi

Styropian grafitowy – materiał produkowany z gotowego półproduktu w postaci grafitowych granuliek, które należy spienić, uformować i pociąć; proces produkcji styropianu grafitowego wygląda tak, jak w przypadku styropianu białego; posiada lepsze właściwości izolacyjne dzięki grafitowemu absorbentowi IR wyściełającemu komórki EPS-u

Płyty z poliuretanu (PUR) i poliizocyanuratu (PIR) – twarde płyty piankowe, odporne termicznie i niepalne o niższych wartościach współczynnika przewodzenia ciepła niż np. wełna mineralna i styropian

Aerozele – materiały będące rodzajem sztywnej piany o wyjątkowo małej gęstości (na ich masę składa się w 90–99,8% powietrze, resztę stanowi porowaty materiał tworzący strukturę)

Płyty celulozowe – włókna celulozowe, produkty przyjazne naturze, powstające z surowców wtórnych (z makulatury); powstają w efekcie mielenia papierowych resztek, impregnowane preparatami solnymi (dzięki temu zyskują wysoką odporność na mikroorganizmy, owady, a także na ogień, włóknoceluloza to materiał trudnozapalny); włóknoceluloza potrafi również pochłaniać dźwięki i zwiększać komfort akustyczny w izolowanych nią budynkach

Płyty klimatyczne – wytwarzane z silikatu wapiennego na bazie mineralnej (kryształki tworzą szkielet); mikropory są powiązane wzajemnie między sobą i otaczającym z zewnątrz powietrzem, co umożliwia uzyskanie wysokiej kapilarności; jest to materiał paroprzepuszczalny, posiadający otwarte pory, aktywny kapilarnie, termoizolacyjny, przyjazny dla środowiska naturalnego, niepalny oraz zapobiegający tworzeniu się pleśni i zagrzybieniu

Płyty rezolowe (fenolowe) – sztywne płyty izolacyjne o zamkniętej strukturze komórkowej z rdzeniem uzyskiwanym z żywicy fenolowo-formaldehadowej, pokryte po obu stronach welonem szklanym spojonym z rdzeniem w procesie produkcji; charakteryzują się m.in. niską absorpcją wilgoci i dużą wytrzymałością mechaniczną

Izolacje próżniowe – płyty z porowatego materiału na bazie krzemionki z mikroporami o rozmiarach 0,0001 mm umieszczone w szczelnym „opakowaniu” z nieprzepuszczalnej dla powietrza i pary wodnej folii wielowarstwowej

RYS. 4. Charakterystyka parametrów technicznych wybranych materiałów termoizolacyjnych; rys.: archiwum autora

Materiały do warstwy izolacji cieplnej powinny charakteryzować się niską wartością współczynnika przewodzenia ciepła λ [W/(m·K)] i dużą porowatością. Inne parametry techniczne są zależne od ich pochodzenia. Na RYS. 4 przedstawiono podstawowe cechy techniczne wybranych materiałów termoizolacyjnych.

Przed wyborem odpowiedniego materiału do izolacji cieplnej należy zwrócić uwagę na następujące właściwości:

- » współczynnik przewodzenia ciepła (λ [W/(m·K)]),
- » gęstość objętościową,
- » izolacyjność akustyczną,
- » przepuszczalność pary wodnej (współczynnik oporu dyfuzyjnego μ [-]),
- » wrażliwość na czynniki biologiczne i chemiczne.

Od strony zewnętrznej należy zastosować tynk zewnętrzny (w przypadku ścian dwuwarstwowych) lub warstwę elewacyjną (w przypadku ścian trójwarstwowych i szczelinowych).

Do wykończenia ścian dwuwarstwowych można stosować siatki zbrojące z włókna szklanego, metalowego lub tworzywa sztucznego, które stanowią podkład dla tynków cienkowarstwowych: mineralnych, silikatowych (krzemianowych), silikonowych, silikatowo-silikonowych, polimerowych (np. akrylowych). Ze względu na rodzaj faktury wyróżnia się tynki: gładkie, drapane, ziarniste (baranki), modelowane i mozaikowe [4].

W przypadku ścian trójwarstwowych i szczelinowych warstwa elewacyjna wykonywana jest najczęściej z cegły klinkierowej, bloczków wapienno-piaskowych (silikatowych) oraz płyt z drewna.

W kształtowaniu układu warstw materiałowych w ścianie szczelinowej należy zaprojektować szczelinę dobrze wentylowaną między warstwą izolacji cieplnej a warstwą elewacyjną o odpowiedniej grubości, z zapewnieniem swobodnej cyrkulacji powietrza (otwory w warstwie elewacyjnej). Warstwa elewacyjna powinna być połączona z warstwą konstrukcyjną za pomocą kotew metalowych (łączyników mechanicznych) w liczbie od 5 szt./m² do 6 szt./m² powierzchni ściany. Ze względu na zmiany temperatury (w okresie letnim do 50°C a w okresie zimowym do -25°C), w celu uniknięcia występowania zarysowań, wybrzuszeń, kruszenia i odpryskiwania materiału warstwy elewacyjnej zaleca się stosowanie w zewnętrznej warstwie ściany szczelinowej przerwy dylatacyjnej (w odległości od 8–12 m w zależności od rodzaju warstwy elewacyjnej).

OBLICZENIA PARAMETRÓW CIEPLNYCH ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH

Obliczono współczynnik przenikania ciepła U_c [W/(m²·K)] warstwowych ścian zewnętrznych:

- » dwuwarstwowych (TABELA 2, RYS. 1, 5–7),
- » trójwarstwowych (TABELA 3, RYS. 2, 8–10),
- » szczelinowych (TABELA 4, RYS. 3, 11–13),

w zróżnicowanym układzie warstw materiałowych, zgodnie z procedurą normy PN-EN ISO 6946:2008 [5].

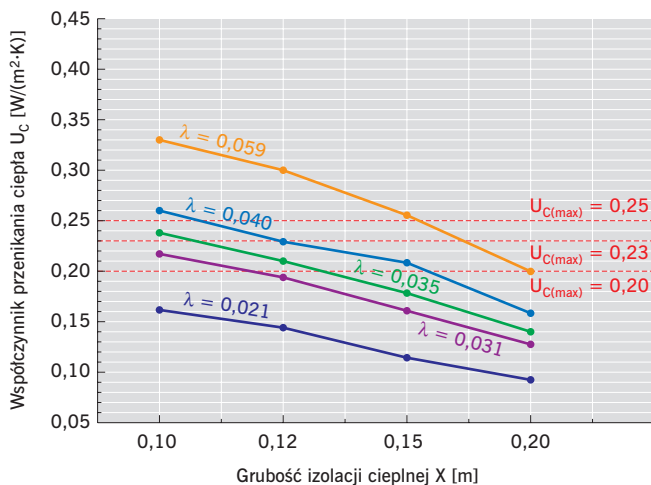
Do obliczenia wartości współczynnika przenikania ciepła U_c [W/(m²·K)] przyjęto następujące założenia:

- » temperatura obliczeniowa zewnętrzna: Toruń – III strefa klimatyczna: $t_e = -20^\circ\text{C}$,
- » temperatura obliczeniowa wewnętrzna: pomieszczenia przeznaczone do przebywania ludzi bez okryć zewnętrznych i niewykonujących w sposób ciągły pracy fizycznej (pokoje mieszkalne, przedpokoje, kuchnie, korytarze): $t_i = 20^\circ\text{C}$,
- » opory przejmowania ciepła dla ściany:
 - opór przejmowania ciepła na zewnętrznej powierzchni przegrody: $R_{se} = 0,04$ [(m²·K)/W],
 - opór przejmowania ciepła na wewnętrznej powierzchni przegrody: $R_{si} = 0,13$ [(m²·K)/W],
 - w przypadku ściany szczelinowej zaprojektowano dobrze wentylowaną warstwę powietrza o gr. 4 cm – spełnia to kryterium pkt. 5.3.4. normy PN-EN ISO 6946:2008 [5]: „całkowity opór cieplny komponentu budowlanego zawierającego dobrze wentylowaną warstwę powietrza należy obliczyć, pomijając opór cieplny warstwy powietrza i wszystkich innych warstw między warstwą powietrza a środowiskiem zewnętrznym oraz dodając zewnętrzny opór przejmowania ciepła, odpowiadający powietrzu nieruchomemu; alternatywnie może być zastosowana wartość R_{si} z Tablicy 1 normy”,

Wariant	Warstwy materiałowe	d [m]	λ [W/(m·K)]	x [m]	Współczynnik przewodzenia ciepła materiałów izolacji cieplnej λ ^y [W/(m·K)]							
					I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
					0,059	0,040	0,038	0,036	0,035	0,031	0,022	0,021
I	Tynk gipsowy	0,01	0,40	0,10	0,329	0,260	0,252	0,243	0,238	0,219	0,170	0,164
	Bloczek z betonu komórkowego	0,24	0,21	0,12	0,296	0,230	0,222	0,214	0,210	0,192	0,147	0,142
	Izolacja cieplna	x	y	0,15	0,257	0,196	0,189	0,181	0,178	0,162	0,123	0,118
	Tynk cienkowarstwowy	0,005	0,76	0,20	0,211	0,158	0,151	0,145	0,142	0,128	0,096	0,092
II	Tynk gipsowy	0,01	0,40	0,10	0,430	0,319	0,307	0,293	0,287	0,259	0,193	0,185
	Bloczek wapienno-piaskowy	0,24	0,56	0,12	0,375	0,275	0,264	0,252	0,246	0,222	0,164	0,158
	Izolacja cieplna	x	y	0,15	0,315	0,228	0,218	0,208	0,203	0,183	0,134	0,129
	Tynk cienkowarstwowy	0,005	0,76	0,20	0,249	0,178	0,170	0,162	0,158	0,141	0,103	0,098
III	Tynk gipsowy	0,01	0,40	0,10	0,450	0,330	0,317	0,303	0,296	0,267	0,197	0,189
	Cegła pełna	0,25	0,77	0,12	0,391	0,284	0,271	0,259	0,253	0,227	0,167	0,160
	Izolacja cieplna	x	y	0,15	0,326	0,234	0,224	0,213	0,208	0,186	0,136	0,130
	Tynk cienkowarstwowy	0,005	0,76	0,20	0,255	0,181	0,173	0,164	0,160	0,143	0,104	0,100

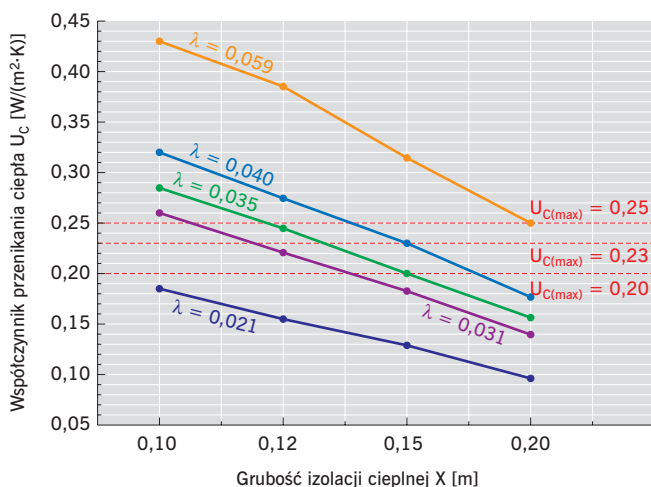
TABELA 2. Wyniki obliczeń wartości współczynnika przenikania ciepła U_c według normy PN-EN ISO 6946:2008 [5] w odniesieniu do ściany zewnętrznej dwuwarstwowej

Warianty izolacji cieplnej: I – płyty klimatyczne λ = 0,059 W/(m·K), II – płyty styropianowe λ = 0,040 W/(m·K), III – płyty z wełny mineralnej λ = 0,038 W/(m·K), IV – płyty celulozowe λ = 0,036 W/(m·K), V – płyty ekstrudowane λ = 0,035 W/(m·K), VI – płyty ze styropianu grafitowego λ = 0,031 W/(m·K), VII – płyty z poliizocyanuranu (PIR) λ = 0,022 W/(m·K), VIII – płyty rezolowe λ = 0,021 W/(m·K); do obliczeń U_c przyjęto ΔU=0



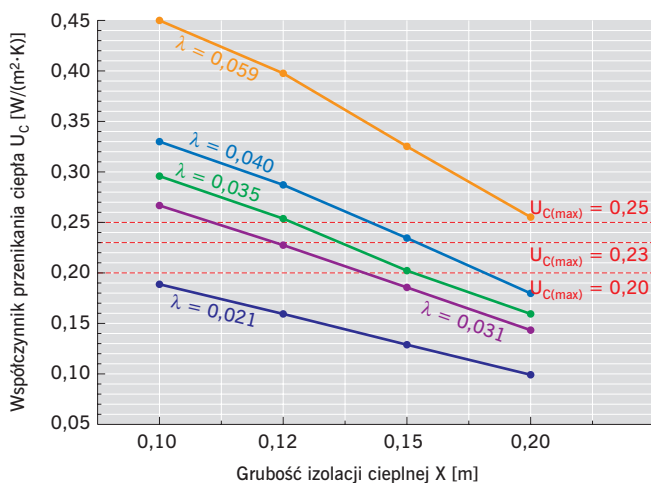
RYS. 5. Wpływ wartości współczynnika przewodzenia ciepła λ [$W/(m \cdot K)$] na wartość współczynnika przenikania ciepła U_c [$W/(m^2 \cdot K)$] w odniesieniu do ściany dwuwarstwowej z betonu komórkowego ($\lambda = 0,21$ $W/(m \cdot K)$);

rys.: archiwum autora



RYS. 6. Wpływ wartości współczynnika przewodzenia ciepła λ [$W/(m \cdot K)$] na wartość współczynnika przenikania ciepła U_c [$W/(m^2 \cdot K)$] w odniesieniu do ściany dwuwarstwowej z bloczków wapienno-piaszkowych ($\lambda = 0,56$ $W/(m \cdot K)$);

rys.: archiwum autora



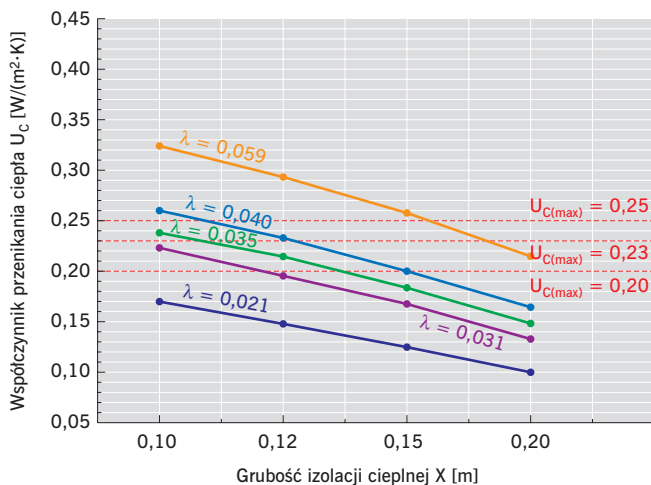
RYS. 7. Wpływ wartości współczynnika przewodzenia ciepła λ [$W/(m \cdot K)$] na wartość współczynnika przenikania ciepła U_c [$W/(m^2 \cdot K)$] w odniesieniu do ściany dwuwarstwowej z cegły pełnej ($\lambda = 0,77$ $W/(m \cdot K)$);

rys.: archiwum autora

Wariant	Warstwy materiałowe	d [m]	λ [W/(m·K)]	x [m]	Współczynnik przewodzenia ciepła materiałów izolacji cieplnej λ_y [W/(m·K)]							
					I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
					0,059	0,040	0,038	0,036	0,035	0,031	0,022	0,021
I	Tynk gipsowy	0,01	0,40	0,10	0,324	0,261	0,253	0,244	0,240	0,222	0,176	0,170
	Błoczek z betonu komórkowego	0,24	0,21	0,12	0,294	0,233	0,225	0,217	0,213	0,197	0,154	0,149
	Izolacja ciepła	x	y	0,15	0,258	0,201	0,194	0,187	0,183	0,168	0,130	0,126
	Błoczki wapienno-piaskowe	0,12	0,80	0,20	0,215	0,164	0,158	0,152	0,149	0,136	0,105	0,101
II	Tynk gipsowy	0,01	0,40	0,10	0,415	0,315	0,304	0,292	0,285	0,260	0,198	0,191
	Błoczek wapienno-piaskowy	0,24	0,56	0,12	0,366	0,275	0,264	0,253	0,248	0,225	0,171	0,164
	Izolacja ciepła	x	y	0,15	0,312	0,231	0,222	0,212	0,208	0,188	0,142	0,136
	Błoczek wapienno-piaskowy	0,12	0,80	0,20	0,250	0,183	0,176	0,168	0,164	0,148	0,111	0,107
III	Tynk gipsowy	0,01	0,40	0,10	0,439	0,329	0,316	0,303	0,296	0,269	0,203	0,195
	Cegła pełna	0,25	0,77	0,12	0,385	0,285	0,274	0,262	0,256	0,232	0,174	0,168
	Izolacja ciepła	x	y	0,15	0,325	0,238	0,228	0,218	0,213	0,193	0,144	0,139
	Cegła klinkierowa	0,12	1,05	0,20	0,259	0,187	0,180	0,172	0,168	0,151	0,113	0,108

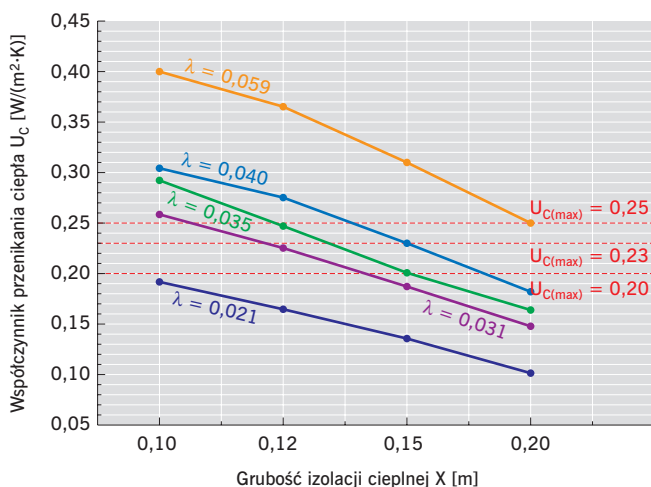
TABELA 3. Wyniki obliczeń wartości współczynnika przenikania ciepła U_c według normy PN-EN ISO 6946:2008 [5] w odniesieniu do ściany zewnętrznej trójwarstwowej

Warianty izolacji cieplnej: I – płyty klimatyczne $\lambda = 0,059$ W/(m·K), II – płyty styropianowe $\lambda = 0,040$ W/(m·K), III – płyty z wełny mineralnej $\lambda = 0,038$ W/(m·K), IV – płyty celulozowe $\lambda = 0,036$ W/(m·K), V – płyty ekstrudowane $\lambda = 0,035$ W/(m·K), VI – płyty ze styropianu grafitowego $\lambda = 0,031$ W/(m·K), VII – płyty z poliizocyanuratu (PIR) $\lambda = 0,022$ W/(m·K), VIII – płyty rezolowe $\lambda = 0,021$ W/(m·K); do obliczeń U_c przyjęto $\Delta U = 0,01$



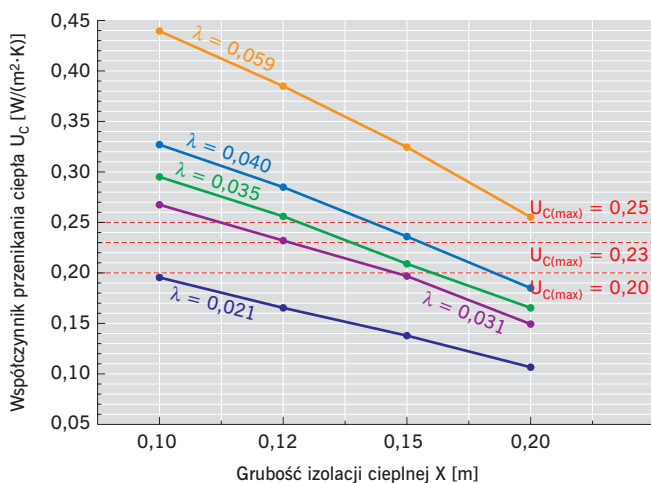
RYS. 8. Wpływ wartości współczynnika przewodzenia ciepła λ [$W/(m \cdot K)$] na wartość współczynnika przenikania ciepła U_c [$W/(m^2 \cdot K)$] w odniesieniu do ściany trójwarstwowej z betonu komórkowego ($\lambda = 0,21$ $W/(m \cdot K)$);

rys.: archiwum autora



RYS. 9. Wpływ wartości współczynnika przewodzenia ciepła λ [$W/(m \cdot K)$] na wartość współczynnika przenikania ciepła U_c [$W/(m^2 \cdot K)$] w odniesieniu do ściany trójwarstwowej z bloczków wapienno-piaskowych ($\lambda = 0,56$ $W/(m \cdot K)$);

rys.: archiwum autora



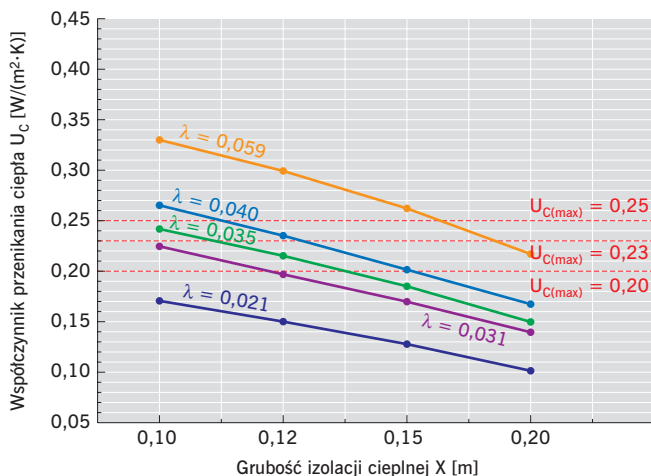
RYS. 10. Wpływ wartości współczynnika przewodzenia ciepła λ [$W/(m \cdot K)$] na wartość współczynnika przenikania ciepła U_c [$W/(m^2 \cdot K)$] w odniesieniu do ściany trójwarstwowej z cegły pełnej ($\lambda = 0,77$ $W/(m \cdot K)$);

rys.: archiwum autora

Wariant	Warstwy materiałowe	d [m]	λ [W/(m·K)]	x [m]	Współczynnik przewodzenia ciepła materiałów izolacji cieplnej λ_y [W/(m·K)]							
					I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
					0,059	0,040	0,038	0,036	0,035	0,031	0,022	0,021
I	Tynk gipsowy	0,01	0,40	0,10	0,330	0,265	0,256	0,248	0,243	0,225	0,177	0,172
	Błoczek z betonu komórkowego	0,24	0,21	0,12	0,299	0,236	0,228	0,220	0,216	0,199	0,155	0,150
	Izolacja ciepła	x	y	0,15	0,262	0,203	0,196	0,189	0,185	0,170	0,131	0,127
	Szczelina powietrzna	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Błoczeki wapienno-piaskowe	0,12	0,80	0,20	0,218	0,166	0,159	0,153	0,150	0,137	0,105	0,101
II	Tynk gipsowy	0,01	0,40	0,10	0,425	0,321	0,309	0,296	0,290	0,264	0,200	0,193
	Błoczek wapienno-piaskowy	0,24	0,56	0,12	0,374	0,279	0,268	0,257	0,251	0,228	0,172	0,166
	Izolacja ciepła	x	y	0,15	0,317	0,234	0,225	0,215	0,210	0,190	0,143	0,137
	Szczelina powietrzna	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Błoczeki wapienno-piaskowe	0,12	0,80	0,20	0,254	0,185	0,177	0,170	0,166	0,150	0,112	0,108
III	Tynk gipsowy	0,01	0,40	0,10	0,444	0,332	0,319	0,305	0,298	0,271	0,204	0,196
	Cegła pełna	0,25	0,77	0,12	0,388	0,287	0,275	0,264	0,258	0,233	0,175	0,168
	Izolacja ciepła	x	y	0,15	0,327	0,239	0,229	0,219	0,214	0,194	0,145	0,139
	Szczelina powietrzna	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cegła klinkierowa	0,12	1,05	0,20	0,260	0,188	0,180	0,172	0,168	0,152	0,113	0,109

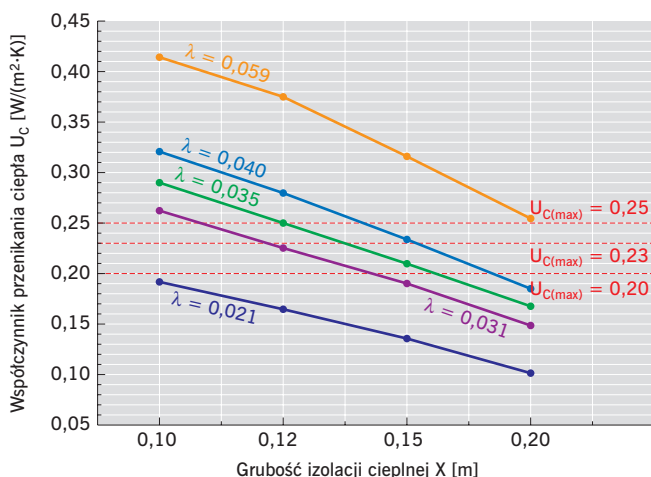
TABELA 4. Wyniki obliczeń wartości współczynnika przenikania ciepła U_c według normy PN-EN ISO 6946:2008 [5] w odniesieniu do ściany zewnętrznej szczelinowej

Warianty izolacji cieplnej: I – płyty klimatyczne $\lambda = 0,059$ W/(m·K), II – płyty styropianowe $\lambda = 0,040$ W/(m·K), III – płyty z wełny mineralnej $\lambda = 0,038$ W/(m·K), IV – płyty celulozowe $\lambda = 0,036$ W/(m·K), V – płyty ekstrudowane $\lambda = 0,035$ W/(m·K), VI – płyty ze styropianu grafitowego $\lambda = 0,031$ W/(m·K), VII – płyty z poliizocyanuratu (PIR) $\lambda = 0,022$ W/(m·K), VIII – płyty rezolowe $\lambda = 0,021$ W/(m·K); do obliczeń U_c przyjęto $\Delta U = 0,01$



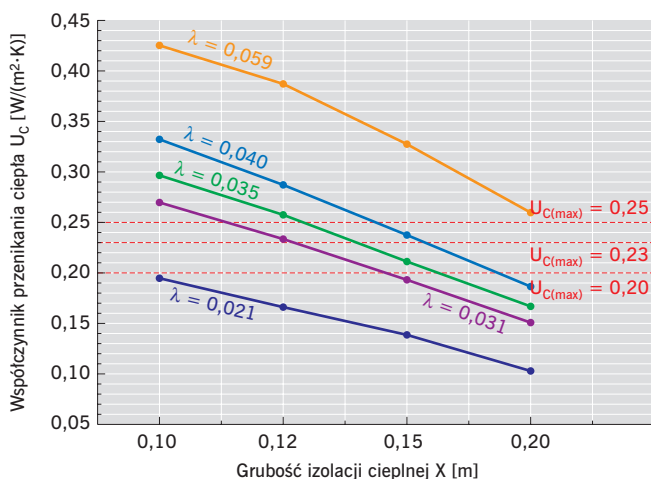
RYS. 11. Wpływ wartości współczynnika przewodzenia ciepła λ [W/(m·K)] na wartość współczynnika przenikania ciepła U_c [W/(m²·K)] w odniesieniu do ściany szczelinowej z betonu komórkowego ($\lambda = 0,21$ W/(m·K));

rys.: archiwum autora



RYS. 12. Wpływ wartości współczynnika przewodzenia ciepła λ [W/(m·K)] na wartość współczynnika przenikania ciepła U_c [W/(m²·K)] w odniesieniu do ściany szczelinowej z bloczków wapienno-piaskowych ($\lambda = 0,56$ W/(m·K));

rys.: archiwum autora



RYS. 13. Wpływ wartości współczynnika przewodzenia ciepła λ [W/(m·K)] na wartość współczynnika przenikania ciepła U_c [W/(m²·K)] w odniesieniu do ściany szczelinowej z cegły pełnej ($\lambda = 0,77$ W/(m·K));

rys.: archiwum autora

» wartości współczynnika przewodzenia ciepła λ [W/(m·K)] przyjęto na podstawie pracy „Fizyka ciepła budowli w praktyce. Obliczenia ciepłno-wilgotnościowe” [6] oraz „Projektowanie przegród zewnętrznych w świetle aktualnych warunków technicznych dotyczących budynków. Obliczenia ciepłno-wilgotnościowe przegród zewnętrznych i ich złączy” [7].

Istotny wpływ na wartość współczynnika przenikania ciepła przegrody budowlanej U_c [W/(m²·K)] ma wartość współczynnika przewodzenia ciepła λ [W/(m·K)] materiału izolacyjnego. W odniesieniu do jednego rodzaju izolacji może się ona wahać w znacznym przedziale w zależności od produktu, co wynika z szybkiego rozwoju rynku materiałów termoizolacyjnych oraz coraz bardziej zaawansowanych technologii produkcyjnych. Na **RYS. 5–13** zilustrowano wpływ wartości współczynnika przewodzenia ciepła λ [W/(m·K)] na wartość współczynnika przenikania ciepła U_c [W/(m²·K)] na podstawie wyników uzyskanych w odniesieniu do ściany dwuwarstwowych, trójwarstwowych i szczelinowych. W obliczeniach różnicowano grubość warstwy izolacji cieplnej i wartość współczynnika przewodzenia ciepła materiału izolacyjnego λ [W/(m·K)]. Dodatkowo zamieszczono poziomy wymagań co do izolacyjności cieplnej $U_{c(max)}$ [W/(m²·K)] według Rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z 5 lipca 2013 r. zmieniającego rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowania [1], z uwzględnieniem daty ich obowiązywania.

Współczynnik przenikania ciepła U_c [W/(m²·K)] jest podstawowym parametrem służącym do sprawdzenia kryterium cieplnego $U_c \leq U_{max}$. Wraz ze zmieniającymi się wartościami $U_{c(max)}$ niektóre rozwiązania konstrukcyjno-materiałowe ścian zewnętrznych nie spełniają podstawowego kryterium ($U_{c(max)} \leq U_{max}$) – **TABELA 2–4**. Określone wartości U_c wykorzystywane są do dalszych obliczeń w zakresie analizy ciepłno-wilgotnościowej przegród i całego budynku (np. współczynnik strat ciepła przez przenikanie H_{tr} [W/K], zapotrzebowanie na energię końcową EK i pierwotną EP [kWh/(m²·rok)]). Należy także podkreślić, że przy kształtowaniu układu warstw materiałowych ścian zewnętrznych i ich złączy trzeba uwzględniać kryteria w zakresie: izolacyjności cieplnej, kondensacji powierzchniowej i międzywarstwowej (opisane szczegółowo w pracy „Projektowanie przegród zewnętrznych w świetle aktualnych warunków technicznych dotyczących budynków. Obliczenia ciepłno-wilgotnościowe przegród zewnętrznych i ich złączy” [7]), izolacyjności akustycznej, ochrony przeciwpożarowej oraz nośności i trwałości konstrukcji. Niektóre układy warstw materiałowych spełniają wymagania w zakresie izolacyjności cieplnej ($U_{c(max)} \leq U_{max}$), jednak po przeprowadzeniu analizy w zakresie wymagań wilgotnościowych, akustycznych lub przeciwpożarowych usytuowanie warstwy izolacji cieplnej wewnątrz przegrody jest niedopuszczalne.

OBLICZENIA PARAMETRÓW FIZYKALNYCH WYBRANEGO ZŁĄCZA BUDOWLANEGO

Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z 5 lipca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowania [1], wprowadza od 1 stycznia 2014 r. nowe wymagania dotyczące izolacyjności cieplnej przez zaostrzenie wymagań w zakresie wartości granicznych współczynnika przenikania ciepła $U_{c(max)}$ [W/(m²·K)] przegród zewnętrznych oraz wartości granicznych wskaźnika zapotrzebowania na energię pierwotną EP [kWh/(m²·rok)] całego budynku. Jednak w rozporządzeniu tym nie sformułowano wymagań w zakresie ograniczenia strat ciepła przez złącza przegród zewnętrznych. Są to „mostki cieplne (termiczne)”, które szczegółowo scharakteryzowano

w pracy „Projektowanie przegród zewnętrznych w świetle aktualnych warunków technicznych dotyczących budynków. Obliczenia cieplno-wilgotnościowe przegród zewnętrznych i ich złączy” [7]. W tych tzw. słabych miejscach występuje:

- » zwiększony przepływ strumienia ciepłego przez złącze, co wpływa na wzrost wartości wskaźnika EU, EK a w ostateczności EP [kWh/(m²·rok)],
- » obniżenie temperatury na wewnętrznej powierzchni przegrody, co prowadzi do ryzyka występowania kondensacji powierzchniowej (ryzyka rozwoju pleśni i grzybów pleśniowych), można je określić za pomocą czynnika temperaturowego f_{Rsi} .

Dlatego niezwykle ważne staje się w procesie projektowym poprawne wykonywanie szczegółowych obliczeń i analiz numerycznych, które powinny być podstawą do wyboru rozwiązań konstrukcyjno-materiałowych przegród zewnętrznych i ich złączy.

Energochłonność całego budynku określa się za pomocą wskaźnika zapotrzebowania na ciepło do ogrzania budynku [kWh/(m²·rok)]. Według Krajowego planu działań [8] przez „budynek o niskim zużyciu energii” należy rozumieć budynek spełniający wymogi związane z oszczędnością energii i izolacyjnością zawarte w przepisach techniczno-użytkowych, o których mowa w art. 7 ust. 1 pkt 1 ustawy – Prawo budowlane [9], tj. w szczególności działu X oraz załącznika do Rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z 5 lipca 2013 r. zmieniającego rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowania [1], obowiązujące od 1 stycznia 2021 r. (w przypadku budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będących ich własnością – od 1 stycznia 2019 r.).

Należy podkreślić także, że w praktyce projektowej i wykonawczej budynków niskoenergetycznych wprowadzono przez NFOŚiGW [3] dla mostków cieplnych budynków w standardzie NF40 oraz NF15 wartości graniczne liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_{max} [W/(m·K)].

Niezbędne staje się więc opracowanie wytycznych projektowych w zakresie kształtowania układów materiałowych przegród zewnętrznych i złączy budynków w aspekcie wymagań cieplno-wilgotnościowych. Na podstawie przeprowadzonych badań własnych opracowano algorytmy obliczeniowe w formie metod inżynierskich, prezentowane w pracy „Projektowanie przegród zewnętrznych w świetle aktualnych warunków technicznych dotyczących budynków. Obliczenia cieplno-wilgotnościowe przegród zewnętrznych i ich złączy” [7] oraz algorytm postępowania w zakresie kształtowania układów materiałowych złączy budowlanych w aspekcie cieplno-wilgotnościowym – RYS. 14.

W ramach pracy obliczono parametry fizyczne (cieplno-wilgotnościowe) połączenia ściany zewnętrznej z oknem w przekroju przez ościeżnicę w kilku wariantach obliczeniowych (TABELA 5):

- » rozwiązanie I (brak węgaraka w postaci izolacji cieplnej),
- » rozwiązanie II (zastosowanie węgaraka – ocieplenie przedłużone na ościeżnicę),
- » rozwiązanie III (ościeżnica przesunięta w kierunku ocieplenia). W ramach przykładu obliczeniowego przedstawiono wyniki przykładowych obliczeń numerycznych przy zastosowaniu programu komputerowego.

W ramach przykładu obliczeniowego przedstawiono wyniki obliczeń numerycznych przy zastosowaniu programu komputerowego.

Do obliczeń przyjęto następujące założenia:

- » modelowanie złączy wykonano zgodnie z zasadami prezentowanymi w normie PN-EN ISO 10211:2008 [10],

KSZTAŁTOWANIE UKŁADU MATERIAŁOWEGO PRZEGRÓD ZEWNĘTRZNYCH I ICH ZŁĄCZY

- ⇒ przyjęcie wstępnego układu materiałowego złącza budowlanego
- ⇒ określenie charakterystyki materiałów występujących w złączu budowlanym – wartości współczynnika przewodzenia ciepła λ [W/(m·K)]

- ⇒ wykonanie obliczeń numerycznych parametrów fizykalnych złącza budowlanego
- modelowania złącza budowlanego
 - przyjęcie warunków brzegowych: temperatury powietrza wewnętrznego (t_i), temperatury powietrza zewnętrznego (t_e), oporów przejmowania ciepła na wewnętrznej i zewnętrznej powierzchni przegrody (R_{si} , R_{se})
 - wprowadzenie charakterystyki materiałowej – współczynnika przewodzenia ciepła λ [W/(m·K)]
- ⇒ określenie parametrów fizykalnych złącza budowlanego
- strumień przepływu ciepła przez złącze Φ [W]
 - liniowy współczynnik sprzężenia cieplnego L^{2D} [W/(m·K)]
 - liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ [W/(m·K)]
 - gałęziowy współczynnik przenikania ciepła (dla odpowiedniej części złącza) [W/(m·K)]; np. w przypadku połączenia ściany zewnętrznej z oknem można określić osobno straty ciepła ściany zewnętrznej ($\Psi_{sc.}$) oraz okna (Ψ_o)
 - temperatura minimalna w złączu $t_{min.}$ ($\theta_{si,min.}$) [°C]
 - czynnik temperaturowy f_{Rsi}

- ⇒ kryteria oceny przegród zewnętrznych i ich złączy
- kryterium cieplne: współczynnik przenikania ciepła przegród zewnętrznych występujących w złączu U_c [W/(m²·K)], liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ [W/(m·K)]
 - kryterium wilgotnościowe: temperatura minimalna na wewnętrznej powierzchni złącza budowlanego $t_{min.}$ ($\theta_{si,min.}$) [°C], czynnik temperaturowy f_{Rsi} , określony na podstawie $t_{min.}$ ($\theta_{si,min.}$) [°C], analiza możliwości występowania kondensacji międzywarstwowej w przegrodach zewnętrznych i ich złączach

WYBÓR POPRAWNEGO UKŁADU MATERIAŁOWEGO PRZEGRÓD ZEWNĘTRZNYCH I ICH ZŁĄCZY

RYŚ. 14. Algorytm kształtowania układu materiałowego przegród zewnętrznych i ich złączy w aspekcie cieplno-wilgotnościowym;
rys.: archiwum autora

» opory przejmowania ciepła (R_{si} , R_{se}) przyjęto zgodnie z normą PN-EN ISO 6946:2008 [5] przy obliczeniach strumieni cieplnych oraz według normy PN-EN ISO 13788:2003 [11] przy obliczeniach rozkładu temperatur i czynnika temperaturowego f_{Rsi} ,

» temperatura powietrza wewnętrznego $t_i = 20^\circ\text{C}$ (pokój dzienny), temperatura powietrza zewnętrznego $t_e = -20^\circ\text{C}$ (III strefa),

» wartości współczynnika przewodzenia ciepła materiałów budowlanych λ [W/(m·K)] przyjęto na podstawie udokumentowanych danych producentów oraz pracy „Projektowanie przegród zewnętrznych w świetle aktualnych warunków technicznych dotyczących budynków. Obliczenia cieplno-wilgotnościowe przegród zewnętrznych i ich złączy” [7].

W analizowanych przypadkach złączy budowlanych zastosowano stolarkę okienną o zmiennej wartości współczynnika przenikania ciepła U_w [W/(m²·K)] oraz ścianę zewnętrzną dwuwarstwową ze zróżnicowaną warstwą konstrukcyjną (błoczek z betonu komórkowego lub cegła pełna) i warstwą izolacji cieplnej (płyty styropianowe lub płyty z pianki poliuretanowej PIR) o zmiennej

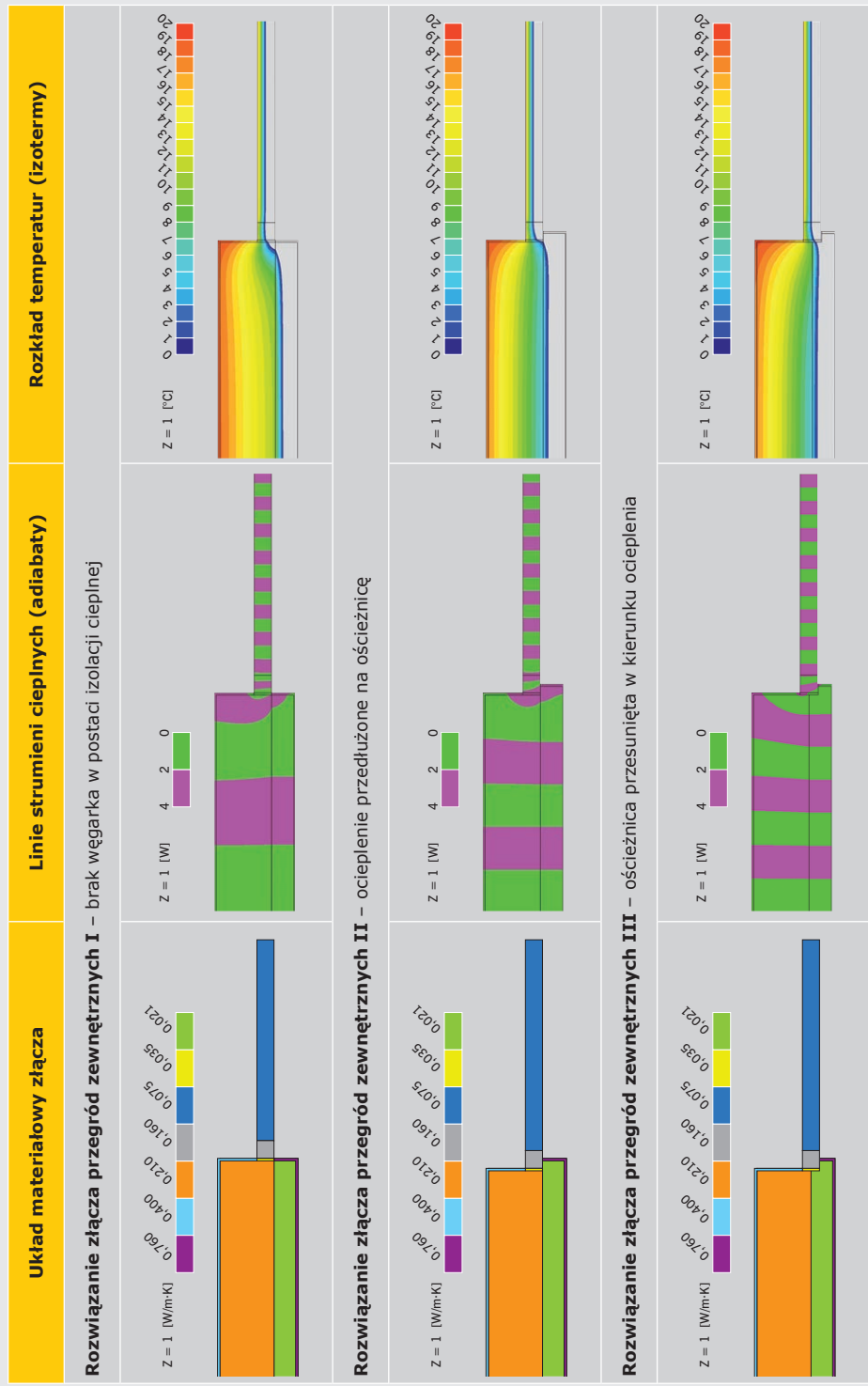


TABELA 5. Analizowane układy materiałowe połączenia ściany zewnętrznej z oknem w przekroju przez ościeżnicę

Parametry fizyczne złącza przegród zewnętrznych	Ściana zewnętrzna: błoczek z betonu komórkowego z ociepleniem				Ściana zewnętrzna: cegła pełna z ociepleniem			
	wariant I – płyty styropianowe		wariant II – płyty PIR		wariant I – płyty styropianowe		wariant II – płyty PIR	
Grubość izolacji	0,15	0,20	0,15	0,20	0,15	0,20	0,15	0,20
$U_c [W/(m^2 \cdot K)]$	0,194	0,156	0,117	0,092	0,234	0,181	0,130	0,100
$U_w [W/(m^2 \cdot K)]$	1,10	0,90	0,90	0,80	1,30	0,90	0,90	0,80
$\Phi [W]$	54,14	44,95	42,23	38,35	67,70	49,76	47,54	42,48
$L^{2D} [W/(m \cdot K)]$	1,354	1,124	1,081	0,959	1,693	1,244	1,189	1,062
$\Psi [W/(m \cdot K)]$	0,060	0,068	0,064	0,067	0,159	0,163	0,159	0,162
$\Psi_{sc.} [W/(m \cdot K)]$	0,050	0,056	0,055	0,058	0,147	0,152	0,150	0,153
$\Psi_o [W/(m \cdot K)]$	0,010	0,012	0,009	0,009	0,012	0,011	0,009	0,009
$t_{min.} [^{\circ}C]$	13,72	14,16	14,57	14,80	12,77	13,36	13,84	14,04
$f_{Rsi} [-]$	0,843	0,854	0,864	0,870	0,819	0,834	0,846	0,851

TABELA 6. Wyniki parametrów fizycznych połączenia ściany zewnętrznej z oknem (brak węgaraka w postaci izolacji cieplnej)

Parametry fizyczne złącza przegród zewnętrznych	Ściana zewnętrzna: błoczek z betonu komórkowego z ociepleniem				Ściana zewnętrzna: cegła pełna z ociepleniem			
	wariant I – płyty styropianowe		wariant II – płyty PIR		wariant I – płyty styropianowe		wariant II – płyty PIR	
Grubość izolacji	0,15	0,20	0,15	0,20	0,15	0,20	0,15	0,20
$U_c [W/(m^2 \cdot K)]$	0,194	0,156	0,117	0,092	0,234	0,181	0,130	0,100
$U_w [W/(m^2 \cdot K)]$	1,10	0,90	0,90	0,80	1,30	0,90	0,90	0,80
$\Phi [W]$	52,46	43,21	41,32	36,39	62,54	44,78	42,23	37,08
$L^{2D} [W/(m \cdot K)]$	1,312	1,080	1,033	0,910	1,564	1,120	1,056	0,927
$\Psi [W/(m \cdot K)]$	0,053	0,054	0,047	0,046	0,073	0,068	0,057	0,055
$\Psi_{sc.} [W/(m \cdot K)]$	0,025	0,028	0,024	0,025	0,051	0,050	0,041	0,041
$\Psi_o [W/(m \cdot K)]$	0,028	0,026	0,023	0,021	0,022	0,018	0,016	0,014
$t_{min.} [^{\circ}C]$	15,32	15,83	16,46	16,77	15,64	16,48	17,15	17,46
$f_{Rsi} [-]$	0,883	0,896	0,912	0,919	0,891	0,912	0,929	0,937

TABELA 7. Wyniki parametrów fizycznych połączenia ściany zewnętrznej z oknem (ocieplenie przedłużone na ościeżnicę)

grubości. W TABELACH 6–8 zestawiono wyniki obliczeń parametrów fizycznych złączy budowlanych przeprowadzonych przy zastosowaniu programu komputerowego.

Usytuowanie ościeżnicy okiennej na styku warstwy konstrukcyjnej i izolacji cieplnej pozwala na otrzymanie najmniejszych strat ciepła. Należy zauważyć, że przedłużenie ocieplenia na ościeżnicę powoduje, że temperatura na wewnętrznej powierzchni przegrody (w miejscu połączenia

Parametry fizyczne złącza przegród zewnętrznych	Ściana zewnętrzna: błoczek z betonu komórkowego z ociepleniem				Ściana zewnętrzna: cegła pełna z ociepleniem			
	wariant I – płyty styropianowe		wariant II – płyty PIR		wariant I – płyty styropianowe		wariant II – płyty PIR	
Grubość izolacji	0,15	0,20	0,15	0,20	0,15	0,20	0,15	0,20
U_c [W/(m ² ·K)]	0,194	0,156	0,117	0,092	0,234	0,181	0,130	0,100
U_w [W/(m ² ·K)]	1,10	0,90	0,90	0,80	1,30	0,90	0,90	0,80
Φ [W]	52,08	42,78	40,92	35,98	61,67	43,92	51,56	36,41
L^{2D} [W/(m·K)]	1,302	1,070	1,023	0,900	1,542	1,098	1,039	0,910
Ψ [W/(m·K)]	0,041	0,042	0,036	0,035	0,048	0,045	0,039	0,038
Ψ_{sc} [W/(m·K)]	0,015	0,017	0,013	0,015	0,027	0,027	0,022	0,023
Ψ_o [W/(m·K)]	0,026	0,025	0,023	0,020	0,021	0,018	0,017	0,015
t_{min} [°C]	15,55	16,11	16,74	17,07	16,01	16,88	17,46	17,77
f_{Rsi} [-]	0,898	0,903	0,919	0,927	0,900	0,922	0,937	0,944

TABELA 8. Wyniki parametrów fizycznych połączenia ściany zewnętrznej z oknem (ościeżnica przesunięta w kierunku ocieplenia)

ściany zewnętrznej z ościeżnicą) jest wyższa niż w przypadku braku izolacji na ościeżnicy. W odniesieniu do tego typu złączy bardzo zasadne staje się określenie gałęziowych współczynników przenikania ciepła, osobno dla części ściany zewnętrznej Ψ_{sc} [W/(m·K)] i dla części okna Ψ_o [W/(m·K)], ponieważ pozwala to na określenie dodatkowych strat ciepła dla ściany zewnętrznej i okna. W pracy „Projektowanie przegród zewnętrznych w świetle aktualnych warunków technicznych dotyczących budynków. Obliczenia cieplno-wilgotnościowe przegród zewnętrznych i ich złączy” [7] przedstawiono szczegółowe procedury określania gałęziowego współczynnika przenikania ciepła dla wielu złączy budowlanych.

Wykonanie szczegółowych obliczeń, przy zastosowaniu programu komputerowego, pozwala na uzyskanie miarodajnych wyników parametrów cieplno-wilgotnościowych. Ich wartości zależą od zastosowanego materiału budowlanego (konstrukcyjnego), rodzaju i grubości izolacji cieplnej oraz ukształtowania struktury materiałowej analizowanego złącza. Posługiwanie się wartościami przybliżonymi i orientacyjnymi, np. w oparciu o normę PN-EN ISO 14683:2008 [12], staje się nieuzasadnione, ponieważ nie uwzględniają one zmiany układów materiałowych oraz rodzaju i grubości izolacji cieplnej. W TABELI 9 zestawiono wyniki liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_i [W/(m·K)] według normy PN-EN ISO 14683:2008 [12] oraz obliczeń własnych.

Analizowane złącza spełniają tylko wymagania standardu budynku energooszczędnego NF40 stawiane przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej [3], które dotyczą maksymalnej wartości współczynnika Ψ_{max} [W/(m·K)] w celu zmniejszenia strat ciepła. Jednak przy ocenie strat ciepła należy przeanalizować także inne parametry Φ (wielkość strumienia cieplnego przepływającego przez złącze) [W] lub L^{2D} (współczynnik sprzężenia cieplnego) [W/(m·K)], odzwierciedlające straty ciepła przez złącze.

Szczególne znaczenie ma poprawne zaprojektowanie złączy przegród zewnętrznych w zakresie zminimalizowania strat ciepła oraz wyeliminowania ryzyka kondensacji na wewnętrznej

Złącze budowlane	Wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_1 [W/(m·K)]				
	według PN-EN ISO 14683:2008 [12]	według obliczeń własnych			
		ściana I – wariant:		ściana II – wariant:	
		I	II	I	II
Połączenie ściany zewnętrznej z oknem	(W7) 0,45	0,060–0,068	0,064–0,067	0,159–0,163	0,159–0,162
Połączenie ściany zewnętrznej z oknem (ocieplenie przedłużone na ościeżnicę)	brak karty katalogowej	0,053–0,054	0,046–0,047	0,068–0,073	0,055–0,057
Połączenie ściany zewnętrznej z oknem (ościeżnica przesunięta w kierunku ocieplenia)	(W1) 0,00	0,041–0,042	0,035–0,036	0,045–0,048	0,038–0,039

TABELA 9. Analiza porównawcza wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_1 [W/(m·K)]

powierzchni przegrody. Na podstawie wartości czynnika temperaturowego f_{Rsi} można stwierdzić, że w analizowanych złączach nie występuje ryzyko rozwoju pleśni i grzybów pleśniowych. We wszystkich analizowanych złączach zachowany jest warunek uniknięcia kondensacji na wewnętrznej powierzchni przegrody (ryzyka rozwoju pleśni) $f_{Rsi} \geq f_{Rsi(kryt.)}$. Wartość graniczna (krytyczna) czynnika temperaturowego, z uwzględnieniem parametrów powietrza wewnętrznego i zewnętrznego, analizowanych wariantów obliczeniowych wynosi $f_{Rsi(kryt.)} = 0,785$.

W celu poprawnego ukształtowania struktury materiałowej złączy budowlanych przegród zewnętrznych należy każdorazowo uwzględniać zmienne parametry powietrza zewnętrznego i wewnętrznego odpowiadające rzeczywistemu usytuowaniu i użytkowaniu budynku. Istnieje więc potrzeba prowadzenia dalszych badań i obliczeń zarówno dla złączy dwuwymiarowych, jak trójwymiarowych (przestrzennych).

LITERATURA

1. Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z 5 lipca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowania (DzU z 2013 r., poz. 926).
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU z 2008 r., nr 201, poz.1238).
3. Wymagania określające podstawowe wymogi niezbędne do osiągnięcia oczekiwanych standardów energetycznych dla budynków mieszkalnych oraz sposób weryfikacji projektów i sprawdzania wykonywanych domów energooszczędnych, www.nfosigw.gov.pl.
4. M. Gaczek, J. Jasiczak, M. Kuliński, M. Siewczyńska, „Izolacyjność termiczna i nośność murowanych ścian zewnętrznych. Rozwiązania i przykłady obliczeń”, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2011.

5. PN-EN ISO 6946:2008, „Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania”.
6. A. Dylla, „Fizyka ciepła budowli w praktyce. Obliczenia ciepłno-wilgotnościowe”, PWN, Warszawa 2015.
7. K. Pawłowski, „Projektowanie przegród zewnętrznych w świetle aktualnych warunków technicznych dotyczących budynków. Obliczenia ciepłno-wilgotnościowe przegród zewnętrznych i ich złączy”, GW Medium, Warszawa 2016.
8. Uchwała Rady Ministrów z dnia 22 czerwca 2015 r. w sprawie przyjęcia „Krajowego planu mającego na celu zwiększenie liczby budynków o niskim zużyciu energii”.
9. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (DzU z 2013 r. poz. 1409, z późn. zm.).
10. PN-EN ISO 10211:2008, „Mostki cieplne w budynkach. Strumienie ciepła i temperatury powierzchni. Obliczenia szczegółowe”.
11. PN-EN ISO 13788: 2003, „Ciepłno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku. Temperatura powierzchni wewnętrznej umożliwiająca uniknięcie krytycznej wilgotności powierzchni wewnętrznej kondensacji. Metody obliczania”.
12. PN-EN ISO 14683:2008, „Mostki cieplne w budynkach. Liniowy współczynnik przenikania ciepła. Metody uproszczone i wartości orientacyjne”.

KRZYSZTOF PAWŁOWSKI ukończył kierunek budownictwo na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy. Pracuje w Katedrze Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli na Wydziale Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska UTP w Bydgoszczy. Przedmiotem jego zainteresowań badawczych jest kształtowanie zewnętrznych przegród budowlanych i ich złączy w aspekcie ciepłno-wilgotnościowym. Jest autorem i współautorem 50 artykułów w zakresie budownictwa ogólnego, fizyki budowli i materiałów budowlanych. Posiada uprawnienia do wykonywania świadectw charakterystyki energetycznej budynków i lokali.

OCIEPLENIA ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH

System ETICS jest sprawdzoną i skuteczną metodą ocieplania ścian zewnętrznych budynków. Polega na przyklejeniu do ściany układu warstw, który składa się z izolacji termicznej, najczęściej w postaci płyt styropianowych (Austrotherm EPS), wykonania warstwy zbrojonej oraz cienkowarstwowej wyprawy tynkarskiej. System ETICS pozwala uzyskać nie tylko komfort cieplny w budynku, ale także trwałą i estetycznie wykończoną elewację. Bardzo ważne jest, aby ocieplenie ścian zewnętrznych przeprowadzić zgodnie z zaleceniami systemodawcy.

Dawniej właściwa izolacyjność cieplna ścian zewnętrznych była uzyskiwana poprzez odpowiednią grubość przegrody, np. minimalna grubość ściany z cegły wynosiła 51 cm. Te czasy bezpowrotnie minęły. Obecnie stosowanie tego typu rozwiązań jest nieekonomiczne, a ponadto nie pozwala na spełnienie aktualnych wymagań ochrony cieplnej, zawartych w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.



**Uwaga!**

Ilość traconego ciepła, a zatem ilość zużywanego do ogrzania budynku paliwa, jest wprost proporcjonalna do całkowitej powierzchni jego przegród zewnętrznych i odwrotnie proporcjonalna do ich właściwości termoizolacyjnych.

25

EKONOMIA I BEZPIECZEŃSTWO

Przy obecnym poziomie cen nośników energii i prognozowanym ich wzroście coraz większego znaczenia nabiera kontrolowanie ilości zużycia energii. Ze względu na to, że 2/3 kosztów utrzymania budynku to koszt ogrzewania, koniecznością staje się minimalizowanie strat ciepła. Straty energii cieplnej w budynkach zdominowane są przez „ucieczkę” ciepła przez przegrody zewnętrzne.

Wszystkie straty ciepła przez pionowe przegrody pełne dochodzić mogą nawet do około 40%. Aby zapewnić w budynkach komfort ciepłno-wilgotnościowy, a jednocześnie osiągnąć wysoką opłacalność eksploatacji, należy projektować i wykonywać przegrody zewnętrzne, biorąc pod uwagę warunki konstrukcyjne oraz energoekonomiczne.

We współczesnym budownictwie dominują wielowarstwowe układy przegród, w których rozdzielona jest funkcja izolacji termicznej i funkcja przenoszenia obciążeń. Podział ten wynika z różnych właściwości stosowanych materiałów:

- » materiały o dobrych właściwościach termoizolacyjnych mają na ogół niewystarczającą wytrzymałość,
- » materiały o wysokich parametrach wytrzymałościowych przeważnie dobrze przewodzą ciepło, przez co nie stanowią skutecznej ochrony cieplnej budynku.

W tej sytuacji optymalnym wydaje się użycie styropianu o gęstości minimalnej $13,5 \text{ kg/m}^3$, i $\lambda_0 \leq 0,031 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, które równocześnie zapewniają doskonałe właściwości termoizolacyjne i odpowiednią wytrzymałość, zarówno w trakcie obróbki styropianu, jak i w okresie użytkowania obiektu.

JAK OCIEPLIĆ BUDYNEK – OD WEWNĄTRZ CZY OD ZEWNĄTRZ?

Przy projektowaniu przegród wielowarstwowych szczególną uwagę należy zwrócić na kolejność poszczególnych warstw. Najkorzystniejszym, z punktu widzenia fizyki budowli, jest układ, w którym materiał termoizolacyjny znajduje się po stronie temperatur niższych.

Uwaga!

Ocieplenie ścian po stronie wewnętrznej jest niekorzystnym rozwiązaniem ze względu na to, że w tym przypadku w warstwie konstrukcyjnej występują duże wahania temperatur, a w razie przerwy w ogrzewaniu pomieszczenia szybko się wychładzają.

W ścianie ocieplonej od zewnątrz materiał termoizolacyjny ogranicza zasięg temperatur ujemnych, dzięki czemu konstrukcja nośna nie jest narażona na ich niszczące działanie. Ponadto układ ten pozwala na zachowanie dużej pojemności cieplnej warstwy konstrukcyjnej, która łagodzi zmiany temperatur w przerwach ogrzewania „oddając” zgromadzone ciepło do wnętrza pomieszczeń.

EFEKTYWNY ETICS, CZYLI BEZSPOINOWY SYSTEM OCIEPLEŃ ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH

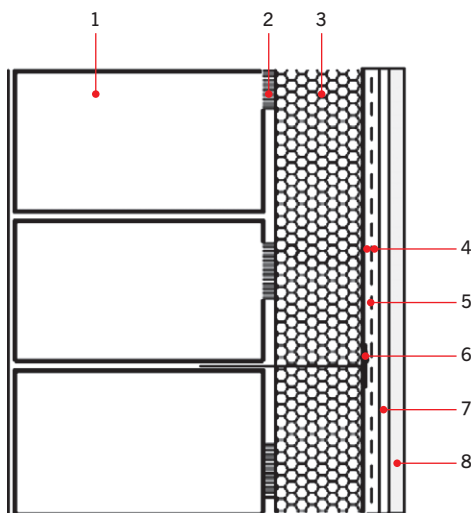
ETICS jest obecnie najbardziej popularną metodą izolowania termicznego i wykańczania ścian zewnętrznych. Wymagania techniczno-technologiczne projektowania oraz warunki techniczne wykonania i odbioru robót ociepleniowych w systemie ETICS ścian zewnętrznych budynków zawiera stosowna instrukcja ITB i instrukcje systemodawców.

System ETICS polega na przymocowaniu do ściany układu warstwowego, składającego się z izolacji termicznej (styropianu), warstwy zbrojonej oraz cienkowarstwowej wyprawy tynkarskiej. Układ ten jest mocowany do ściany za pomocą kleju, a w razie potrzeby łącznikami mechanicznymi.

Obecnie, po około 50 latach stosowania ETICS do ocieplenia ścian z zastosowaniem styropianu, ocenia się trwałość tej metody na co najmniej 30 lat, pod warunkiem okresowych przeglądów i niezbędnych napraw wyprawy tynkarskiej, której minimalną trwałość określa się na 5 lat.

Uwaga!

Styropiany Austrotherm są materiałami, które można wkomponować praktycznie w każdy system ETICS.



RYS. 1. Warstwy ściany ocieplonej w systemie ETICS

- 1** – ściana zewnętrzna,
- 2** – zaprawa klejąca do styropianu,
- 3** – Austrotherm EPS 042 FASSADA, Austrotherm EPS 040 FASSADA, Austrotherm EPS 038 FASSADA SUPER, Austrotherm EPS FASSADA THERMA, Austrotherm EPS FASSADA PREMIUM, Austrotherm EPS FASSADA PREMIUM REFLEX,
- 4** – zaprawa klejąca, **5** – siatka z włókna szklanego, **6** – łącznik mechaniczny, **7** – podkład tynkarski, **8** – wyprawa tynkarska

Główne zalety stosowania ETICS to:

- » zmniejszenie zużycia energii cieplnej i poprawa komfortu cieplnego dzięki bardzo dobrej izolacyjności termicznej
- » ograniczenie występowania mostków termicznych dzięki ciągłości izolacji
- » zahamowanie procesu destrukcji konstrukcji budynku poprzez ograniczenie wpływu czynników zewnętrznych
- » uzyskanie trwałej i estetycznej elewacji
- » możliwość renowacji zniszczonych elewacji, w tym zabytkowych
- » mały ciężar, co jest istotne przy podłożach o niedostatecznej nośności.

PODSTAWOWY ELEMENT SYSTEMU ETICS – PŁYTY STYROPIANOWE

Płyty styropianowe zapewniają wymaganą izolacyjność cieplną. Do robót izolacyjnych elewacji budynku należy stosować płyty styropianowe:

- » **Austrotherm EPS 042 FASSADA,**
- » **Austrotherm EPS 040 FASSADA,**
- » **Austrotherm EPS 038 FASADA SUPER,**
- » **Austrotherm EPS FASSADA THERMA,**
- » **Austrotherm EPS FASSADA PREMIUM,**
- » **Austrotherm EPS FASSADA PREMIUM REFLEX.**

Wysoka gęstość oraz spoiistość tych płyt przekłada się na lepsze parametry mechaniczne systemu (np. odporność na uderzenia całego układu ociepleniowego). Ponadto stabilność wymiarów płyt Austrotherm ułatwia montaż i pozwala uniknąć przerwania ciągłości izolacji.

Zgodnie z instrukcjami dotyczącymi ETICS, wymagania dotyczące płyt styropianowych (poza wymaganiami normowymi) są następujące:

- » wymiary powierzchni – maks. 60×120 cm
- » powierzchnia płyt – szorstka po cięciu z bloku
- » krawędzie – ostre, bez wyszczerbków, proste lub profilowane.

Możliwość zastosowania płyt EPS w ETICS jest regulowana w stosownych przepisach, jak rozporządzenie ministra w sprawie warunków technicznych pod kątem bezpieczeństwa pożarowego (par. 216, pkt 8 i 9):

- » okładzina elewacyjna i jej zamocowanie mechaniczne, a także izolacja cieplna ściany zewnętrznej budynku na wysokości powyżej 25 m od poziomu terenu powinny być wykonane z materiałów niepalnych
- » dopuszcza się ocieplenie ściany zewnętrznej budynku mieszkalnego wzniesionego przed dniem 1 kwietnia 1995 r., o wysokości do 11 kondygnacji włącznie, z użyciem samogasnącego polistyrenu spienionego, w sposób zapewniający nierozprzestrzenianie ognia.

Ważne!

Dział doradztwa technicznego firmy Austrotherm oferuje bezpłatną, fachową pomoc także przy doborze styropianu: techniczny@autrotherm.pl

Ważne!

1. Nie istnieją w Polsce żadne formalne wymagania dotyczące stosowania pasów z płyt wełny mineralnej przy ocieplaniu systemem z zastosowaniem styropianu.
2. Masa lub zaprawa klejąca oraz ewentualne łączniki mechaniczne, mocujące płyty do ściany zewnętrznej, zapewniają im wymaganą stateczność i optymalne warunki pracy konstrukcji układu ocieplającego.
3. Warstwa zbrojona zapewnia odporność na działanie sił udarowych oraz przeciwdziała skutkom naprężeń termicznych na styku z wyprawą tynkarską.
4. Wyprawa tynkarska stanowi ochronno-dekoracyjne wykończenie ścian, chroniące warstwę ocieplającą przed starzeniem naturalnym, czynnikami erozyjnymi, opadami atmosferycznymi. Stanowi ona jednocześnie kolorystyczną dekorację ściany zewnętrznej.
5. Niezależnie od wymagań, które powinny spełniać poszczególne elementy systemu ETICS, cały układ ociepleniowy musi spełniać wymagania gwarantujące skuteczność i trwałość ocieplenia.
6. Warto stosować gwarantowane styropiany Austrotherm o wyższej gęstości (np. Austrotherm EPS 038 FASADA SUPER, Austrotherm EPS FASSADA PREMIUM, AUSTROTHERM EPS FASSADA PREMIUM REFLEX), bo łączą one najwyższą wytrzymałość i najlepsze właściwości termoizolacyjne wśród styropianów dostępnych na rynku budowlanym.

WARUNKI PRZYSTĄPIENIA DO PRAC OCIEPLENIOWYCH

Prace związane z ociepleniem budynku mogą być prowadzone po uprzednim spełnieniu wymagań wynikających z Ust. Prawo budowlane.

Prace ociepleniowe należy wykonywać zgodnie z zaleceniami systemodawcy, przestrzegając reżimu aplikacyjnego. Przeważnie wykonuje się je w temperaturze nie niższej niż $+5^{\circ}\text{C}$ i nie wyższej niż 25°C , chyba że zalecenia systemodawcy dla danego systemu ociepleniowego dopuszczają inne warunki aplikacyjne. Niedopuszczalne jest prowadzenie powyższych prac w czasie opadów atmosferycznych, na elewacjach silnie nasłonecznionych, w czasie silnego wiatru oraz jeżeli przewidywany jest spadek temperatury poniżej 0°C w przeciągu 24 godz.

MONTAŻ ETICS

Ocieplenie ścian zewnętrznych budynku w systemie ETICS nie tylko poprawia izolacyjność cieplną budynku, zmniejszając tym samym koszty jego ogrzewania, ale także wygląd i trwałość elewacji. Wszystkie czynności związane z wykonaniem ocieplenia budynku w systemie ETICS należy prowadzić zgodnie z zaleceniami systemodawcy. Przedstawiamy przykładowy zakres prac związany z ociepleniem ścian zewnętrznych.

PRZYGOTOWANIE PODŁOŻA

W przypadku budynków istniejących należy dokładnie sprawdzić jakość podłoża ściennego (wytrzymałość powierzchniową, stopień równości i płaskość powierzchni oraz czystość). Powierzchnię ścian, która stanowić będzie podłoże pod warstwę izolacyjną, należy najpierw oczyścić z resztek zaprawy oraz luźnych kawałków tynku. Kurz, plamy z oleju i inne substancje antyadhezyjne należy zmyć wodą pod ciśnieniem, pamiętając o konieczności całkowitego wyschnięcia podłoża przed rozpoczęciem przyklejania płyt styropianowych. Przy słabo związanych podłożach należy uprzednio sprawdzić ich przyczepność do warstwy konstrukcyjnej i ewentualnie dokonać usunięcia lub wzmocnienia warstwy powierzchniowej.

Wytrzymałość na rozciąganie istniejącego podłoża, oznaczana metodą pull-off, powinna wynosić min. $0,08\text{ MPa}$. W przypadku trudności z wykonaniem tą metodą oznaczenia na rozciąganie podłoża, można przeprowadzić próbę przyczepności. W tym celu próbki (8–10 sztuk) styropianu o wymiarach $100 \times 100\text{ mm}$ należy przykleić w różnych miejscach elewacji. Klej powinien być przygotowany zgodnie z zaleceniami producenta i rozprowadzany równomiernie na całej powierzchni próbki (grubość warstwy kle-





ju około 10 mm). Próbkę należy docisnąć do podłoża. Przyczepność sprawdza się po 3 dniach poprzez ręczne odrywanie przyklejonej próbki. Można przyjąć, że podłoże ma wystarczającą wytrzymałość, jeżeli podczas próby odrywania próbka styropianu ulegnie rozerwaniu. W przypadku oderwania całej próbki z klejem i warstwą fakturą konieczne jest oczyszczenie elewacji ze słabo związanej z podłożem warstwy. Podłoże należy zagruntować środkiem zwiększającym przyczepność. Jeżeli ponowna próba da wynik negatywny, należy zastosować dodatkowe mocowanie mechaniczne lub odpowiednie przygotowanie podłoża.

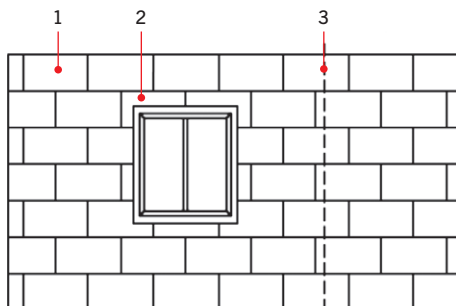
Przy nierównościach podłoża do 10 mm należy zastosować szpachlówkę systemową lub zaprawę cementową. Przy nierównościach od 10 do 20 mm należy

zastosować takie samo rozwiązanie, jak wyżej, ale wykonując je w kilku warstwach. Jeśli nierówności przekraczają 20 mm, wymagane jest skorygowanie powierzchni przez naklejenie materiału termoizolacyjnego odpowiedniej grubości. Zaleca się w tym przypadku dodatkowe mocowanie warstwy zasadniczej układu ociepleniowego za pomocą łączników mechanicznych.

Przed przystąpieniem do termomodernizacji budynku wykonanego w technologii wielkopłytywnej niezależnie od podanego wyżej zakresu prac sprawdzających nośność podłoża, należy wykonać pełną diagnostykę żelbetowych ściennych elementów warstwowych wg instrukcji ITB. Kontrola polega na ustaleniu rodzaju konstrukcji ściany oraz sprawdzeniu w kolejnych etapach stanu technicznego części i elementów oraz ustalenia stopnia ich korozji. Niezbędna jest również dokładna ocena stanu wypełnień kitami plastycznymi połączeń między płytowych. W przypadku złego stanu kitów należy je usunąć i pozostawić spoinę niewypełnioną. Jeśli natomiast stan wypełnienia jest prawidłowy, przed dociepleniem płytami styropianowymi należy zabezpieczyć styk zaprawą klejową, aby uniknąć niebezpieczeństwa rozmiękczającego oddziaływania składników kitu na styropian.

MONTAŻ PŁYT STYROPIANOWYCH

Płyty styropianowe nie powinny być wystawione na działanie czynników atmosferycznych przez czas dłuższy niż 7 dni. Do podłoża należy w pierwszej kolejności przymocować listwę startową, która pozwoli na utrzymanie poziomej linii elewacji. Kleje mineralne należy nanosić na płyty styropianowe tzw. metodą obwodowo-punktową tak, aby jej łączna powierzchnia pokrywała nie mniej niż 40% płyty. Po nałożeniu zaprawy klejącej, płytę należy niezwłocznie przyłożyć do ściany w przewidzianym dla niej miejscu i docisnąć, aż do uzyskania równej płaszczyzny z sąsiednimi płytami. Masę klejącą wyciśniętą poza obrys płyt należy usunąć. W przypadku niewłaściwego przyklejenia płyty, należy ją oderwać, oczyścić z masy klejącej, ponownie nałożyć klej na płytę i powtórzyć czynność mocowania. W przypadku zastosowania klejów poliuretanowych piankę niskorozprężną należy nanosić na płytę styropianową zgodnie z zaleceniami producenta kleju lub systemodawcy.



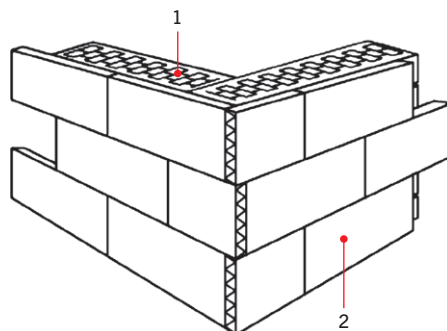
RYS. 2. Układ płyt styropianowych na powierzchni ściany

1 – Austrotherm EPS 042 FASSADA, Austrotherm EPS 040 FASSADA, Austrotherm EPS 038 FASADA SUPER, Austrotherm EPS FASSADA THERMA, Austrotherm EPS FASSADA PREMIUM, Austrotherm EPS FASSADA PREMIUM REFLEX,
2 – rozmieszczenie płyt wokół otworu okiennego,
3 – złącze dwóch fragmentów ścian

Płyty styropianowe należy przyklejać poziomo wzdłuż dłuższych krawędzi, z zachowaniem mijankowego układu spoin pionowych. Na ścianach z prefabrykatów płyty należy tak przyklejać, aby styki między nimi nie pokrywały się ze złączami ścian. Spoiny między płytami nie mogą też przebiegać w narożach otworów (okiennych, drzwiowych itp.).

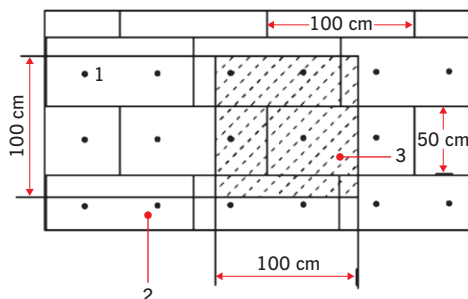
W przypadku dodatkowego mocowania mechanicznego płyt styropianowych liczbę łączników, ich rozmieszczenie z uwzględnieniem wysokości budynku, stref krawędziowych powinna określać dokumentacja projektowa.

Jeśli istnieje potrzeba, zaleca się stosowanie co najmniej 4–5 łączników na 1 m². Przy doborze długości łącznika należy pamiętać, że głębokość zakotwienia w warstwie nośnej



RYS. 3. Układ płyt styropianowych w narożu

1 – ściana zewnętrzna,
2 – Austrotherm EPS 042 FASSADA, Austrotherm EPS 040 FASSADA, Austrotherm EPS 038 FASADA SUPER, Austrotherm EPS FASSADA THERMA, Austrotherm EPS FASSADA PREMIUM, Austrotherm EPS FASSADA PREMIUM REFLEX



RYS. 4. Schemat rozmieszczenia łączników

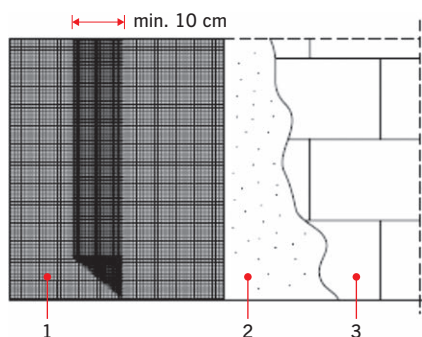
1 – łącznik mechaniczny,
2 – Austrotherm EPS 042 FASSADA, Austrotherm EPS 040 FASSADA, Austrotherm EPS 038 FASADA SUPER, Austrotherm EPS FASSADA THERMA, Austrotherm EPS FASSADA PREMIUM, Austrotherm EPS FASSADA PREMIUM REFLEX,
3 – rozmieszczenie łączników na 1 m² ocieplanej powierzchni

Uwaga!

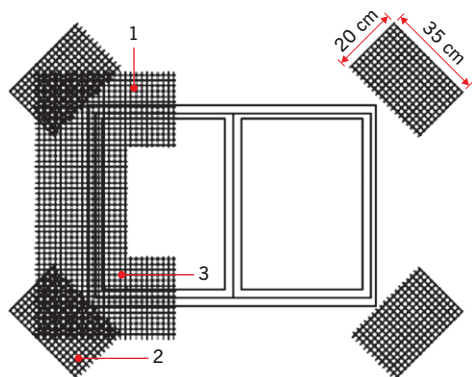
- » Stosowanie płyt styropianowych o nieodpowiednich parametrach mechanicznych powoduje, że układ ociepleniowy nie ma odpowiedniej wytrzymałości i narażony jest na uszkodzenia mechaniczne.
- » Stosowanie płyt styropianowych, których struktura nie jest zwarta może doprowadzić do rozwarstwienia i odpadania ocieplenia w płaszczyźnie styropian–masa klejąca.
- » Nakładanie niezgodnie z zaleceniami masy klejącej na płytę styropianową lub brak klejenia obwodowego zmniejsza przyczepność docieplenia do ściany, co może powodować jego odpadanie, np. podczas ssania wiatru lub zarysowanie gotowej już elewacji.

Uwaga!

- » Brak przeszlifowania nierówności na powierzchni płyt i wypełnienie ich masą szpachlowo-klejącą na gotowej wyprawie elewacyjnej tworzy widoczne, zwłaszcza przy bocznym oświetleniu, uskoki i nierówności.
- » Wypełnienie masą klejącą zamiast paskami styropianu lub niskorozprężną pianką uszczelniającą szczelin pomiędzy płytami styropianowymi, powstałych z przyczyn technicznych, powoduje w tych miejscach mostki termiczne widoczne na elewacji w postaci ciemnych linii.
- » Dzięki odpowiednim parametrom wytrzymałościowym styropiany Austrotherm łatwiej dociskać i szlifować, bez uszczerbku dla samego materiału termoizolacyjnego.

**RYS. 6. Montaż siatki na powierzchni ściany**

1 – siatka z włókna szklanego, 2 – zaprawa klejąca, 3 – Austrotherm EPS 042 FASSADA, Austrotherm EPS 040 FASSADA, Austrotherm EPS 038 FASADA SUPER, Austrotherm EPS FASSADA THERMA, Austrotherm EPS FASSADA PREMIUM, Austrotherm EPS FASSADA PREMIUM REFLEX

**RYS. 7. Montaż siatki przy otworach okiennych i drzwiowych**

1 – siatka z włókna szklanego, 2 – siatka wzmacniająca naroża otworu, 3 – wywinięcie siatki na ościeża

ściany powinna wynosić co najmniej 6 cm. Nieprawidłowe osadzenie łączników kotwiących przez nadmierne zagłębienie talerzyka w styropianie prowadzi do zerwania jego struktury i osłabienia nośności łącznika.

WYRÓWNYWANIE POWIERZCHNI PŁYT STYROPIANOWYCH

Jeśli na kolejnych arkuszach płyt EPS występują uskoki powodujące nierówności, należy ich powierzchnię w tych miejscach przeszlifować.

WYKONANIE WARSTWY ZBROJĄCEJ

Warstwę zbrojącą z siatki z włókna szklanego należy wykonywać dopiero, gdy klej, którym przyklejono płyty styropianowe, zapewnia ich stabilne przymocowanie. Po tym czasie na płyty nakłada się zaprawę szpachlowo-klejącą i rozprowadza się ją równomiernie pacą ze stali nierdzewnej, np. (zębatą o wielkości zębów 10–12 mm), tworząc warstwę materiału klejącego o powierzchni nieco większej niż przycięty pas siatki zbrojącej. Na tak przygotowanej warstwie szpachlowo-klejącej rozkłada się siatkę zbrojącą, którą zatapia się przy użyciu pacy ze stali nierdzewnej, szpachlując na gładko. Siatka zbrojąca powinna być całkowicie zatopiona w warstwie klejącej.

Sąsiednie pasy siatki muszą być układane w ten sam sposób z zakładem nie mniejszym niż 10 cm. Zakłady siatki nie powinny pokry-



Uwaga!

Brak nałożenia masy klejącej na styropian przed położeniem siatki sprawia, że siatka oraz wyprawa elewacyjna nie są dostatecznie związane ze styropianem, czego częstym efektem jest rozwarstwianie i odpadanie zewnętrznej warstwy docieplenia.

Zaniżanie grubości zaprawy klejącej służącej do wykonania warstwy zbrojącej prowadzi do znacznego zmniejszenia wytrzymałości tej warstwy i nadmiernego przesuszania zaprawy klejącej w czasie wiązania.

wać się ze spoinami między płytami styropianowymi. Szerokość siatki powinna być tak dobrana, aby możliwe było oklejenie ościeży okiennych i drzwiowych na całej ich głębokości.

Bardzo ważne jest zastosowanie ukośnych prostokątów siatki przy narożach okiennych i drzwiowych, ponieważ ich brak sprzyja pojawianiu się rys na przedłużeniu przekątnych tych otworów.

W przypadku, gdy nie są stosowane kątowniki narożne, to na narożach zewnętrznych siatka powinna zachodzić z obu stron co najmniej 10 cm. Ze względu na niebezpieczeństwo uszkodzenia w części parterowej i cokołowej ocieplanych ścian, zaleca się do wysokości 2 m stosowanie dwóch warstw siatki zbrojącej lub siatki o większej gramaturze, zwanej siatką pancerną. Można także stosować płyty Austrotherm EPS 038 FASADA SUPER, które mają większą wytrzymałość mechaniczną.

WYKONYWANIE WYPRAWY TYNKARSKIEJ

Wyprawę tynkarską należy wykonywać zgodnie z zaleceniami producenta, zazwyczaj nie wcześniej niż po 3 dniach od wykonania warstwy zbrojonej i nie później niż po 3 miesiącach od wykonania tej warstwy. Wyprawę tynkarską należy wykonać zgodnie z projektem oraz instrukcją systemodawcy. Proces nakładania i wiązania tynku powinien przebiegać przy bezdeszczowej pogodzie, w temperaturze podłoża od +5 do +25°C.

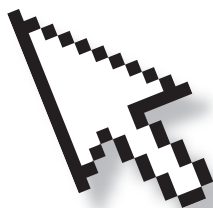
Zbyt niska temperatura oraz duża wilgotność względna powietrza znacznie wydłużają proces wiązania tynku. Ponadto, aby nie następowało zbyt szybkie wysychanie tynku uniemożliwiające wykonanie prawidłowej struktury tynku, prace tynkarskie należy wykonywać na powierzchniach nienarażonych na bezpośrednie promieniowanie słoneczne i działanie wiatru.

Po nałożeniu tynku na elewację należy ją chronić przed opadami atmosferycznymi do momentu wstępnego stwardnienia tynku. Miejsca połączeń ocieplenia ze stolarką okienną, drzwiową, obróbkami blacharskimi i dylatacjami należy szczelnie zabezpieczyć materiałami trwale elastycznymi, np. kitami, silikonami, uszczelkami rozprężnymi itp. ■



 **IZOLACJE.com.pl**

budownictwo | przemysł | ekologia



MODNY TREND – DACHÓWKI I KLINKIER W ODCIENIACH SZAROŚCI



Choć trendy w budownictwie zmieniają się znacznie rzadziej niż moda odzieżowa, to co kilka sezonów można zaobserwować nowe tendencje, wpływające na stylistykę domów oraz materiały w nich wykorzystywane, a także ich kolorystykę. Największą popularnością i zaufaniem inwestorów cieszą się produkty sprawdzone, gwarantujące wysokie parametry techniczne budynku nawet przez kilkadziesiąt lat. Z upływem czasu nie tracą swoich zalet, zapewniając domownikom wysoki komfort mieszkania oraz wygodę użytkowania. Do tego typu produktów z pewnością można zaliczyć cegły klinkierowe i dachówki ceramiczne. Wytwarzane od wieków i kojarzone głównie z różnymi odcieniami czerwieni, na przestrzeni ostatnich lat całkowicie zmieniły swoje oblicze, trafiając również w gusta osób kierujących się ku nowoczesnej stylistyce, a nie tracąc przy tym nic ze swoich atrybutów.

ELEWACJE W ODCIENIACH SZAROŚCI

Cegły oraz płytki klinkierowe i lico-
we należą do najchętniej wybiera-
nych przez inwestorów materiałów
budowlanych. Niezmiennie pozostają
ich niezaprzeczalne walory techniczne,
takie jak wytrzymałość, trwałość koloru
czy niska nasiąkliwość. Zmieniają się
za to najchętniej wybierane kolory,
formaty i struktury lica. W ceglane



AGNIESZKA SPYCHAŁA, KIEROWNIK DZIAŁU MARKETINGU

Czerwone, piaskowe, burgundowe – takich klinkierowych ścian zobaczymy coraz mniej. Do głosu dochodzą teraz bowiem cegły klinkierowe w zdecydowanych, ciemnych i chłodnych barwach, które świetnie prezentują się we współczesnych projektach stawiających na minimalizm i prostotę. To właśnie szarości, czernie, grafity, czasem ze srebrną poświatą, a także biele zdobywają coraz większe grono zwolenników.



Cegła Brisbane



Cegła Sydney



Cegła Portland

trendy wpisują się dziś z pewnością chłodne szarości, beże i czernie oraz wydłużony kształt cegieł lub płytek.

Dzięki stałemu rozwojowi technologii, możliwe jest wykonanie niemal dowolnego koloru cegły, wymiaru oraz struktury lica. Dlatego produkty z klinkieru bez problemu dopasowują się do obecnie obowiązujących trendów stylistycznych, bez utraty wysokich parametrów technicznych. Tak jak jeszcze kilkadziesiąt lat temu oczywiste było, że cegła musi przybierać różne odcienie czerwieni, tak teraz różnorodność dostępnych wariantów jest niemal nieograniczona. Widać to także po preferencjach klientów, którzy coraz bardziej stawiają na indywidualny charakter tworzonych przez siebie kompozycji, kierując się ku coraz bardziej nowoczesnym i mocniejszym w wyrazie produktom.

MODNY SZARY NA DACHU

Od kilku sezonów prawdziwym hitem na rynku są pokrycia w różnych odcieniach szarości.

Dlaczego kolor ten stał się tak bardzo popularny? Kolor dachu musi przede wszystkim dobrze współgrać z kolorem elewacji. Najczęściej spotykanym połączeniem jest biała bądź beżowa ele-



Bergamo szara matowa



Bergamo antracytowa



Monzaplus grafitowa



Monzaplus antracytowa



Piemont antracytowa



**Piemont Titan szara
glazurowana**

AGNIESZKA SPYCHAŁA, KIEROWNIK DZIAŁU MARKETINGU

Wśród osób zainteresowanych budową domu, coraz większa grupa inwestorów wybiera dachówki ceramiczne w chłodnych odcieniach szarości, antracytu i czerni, które świetnie uzupełniają się z jasnymi kolorami elewacji. A ta wykonana z cegieł klinkierowych wygląda nie tylko stylowo i elegancko, ale także zapewnia trwałość, odporność i wytrzymałość. Znacznie szersza paleta barw jest wynikiem ich angobowania lub glazurowania. Pierwszy z procesów polega na pokryciu cegły lub dachówki szlachetnymi pierwiastkami mineralnymi, a następnie wypalaniu całości w temperaturze około 1000°. Kolor produktu zależy od rodzaju angoby, jaka została do tego celu użyta. Glazurowanie przebiega podobnie – różnica polega na uzyskaniu bardziej szklistej powłoki, co wynika ze składu chemicznego samej glazury.



wacja zestawiona z ciemnym dachem. Głaz zaś jest kolorem uniwersalnym – pasuje zarówno do budynków nowoczesnych z jasną elewacją oraz z lubianymi przez architektów elementami drewna, jak również do klasycznych budynków w stylu dworowym. Przy gładkim dachu można sobie ponadto pozwolić na odrobinę ekstrawagancji w doborze koloru elewacji, ponieważ będzie on dobrze wyglądał także z bardziej odważną kolorystyką.

W nowoczesnym budownictwie dużą wagę przywiązuje się także do energooszczędności. Naturalną konsekwencją tego trendu jest uproszczenie brył, a w efekcie ich modernistyczny styl. Używane do budowy takich domów materiały muszą zatem sprostać podwójnemu wyzwaniu: spełniać wyśrubowane normy w zakresie termoizolacyjności, ale też swoim designem pasować do utrzymanych we współczesnym charakterze brył. Zwarte budynki z dużą powierzchnią przeszkleń i przewagą chłodnych, monochromatycznych barw dachu i elewacji to już niemal standard. Rosnące zainteresowanie tą estetyką sprawiło, że producenci dachówek ceramicznych także wprowadzili do swojej oferty materiały odpowiadające gustom inwestorów szukających produktów budowlanych pasujących do nowoczesnych projektów domów, nie rezygnując przy tym z doskona-

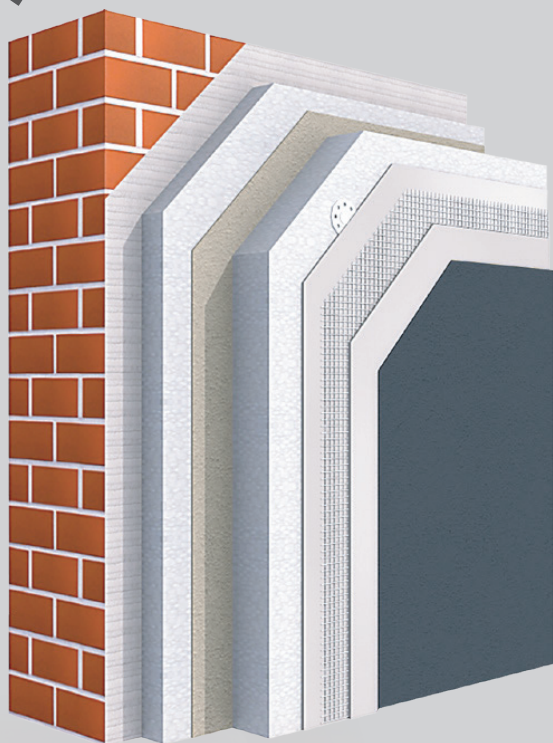
KONTAKT

Roben
CERAMIKA BUDOWLANA

Röben Polska Sp. z o.o. i Wspólnicy Sp. K.
ul. Ceramiczna 2, 55-300 Środa Śląska
www.robent.pl

nych parametrów technicznych. Najchętniej wybierane obecnie projekty domów charakteryzują się prostotą, wykorzystaniem ostrych linii oraz chłodnych barw. Nie ma tu więc miejsca na odcienie czerwieni i fioletu, do niedawna tak mocno kojarzące się z tradycyjną dachówką. Pojawienie się chłodniejszych barw w najnowszych kolekcjach dachówek otworzyło wiele możliwości, jednak dopiero w połączeniu z nowoczesnym kształtem dachówek pozwoliło nadać budynom współczesny, modernistyczny styl. ■

SYSTEM OCIEPLEŃ S-LINE



Układ warstw w systemie Lobatherm S-LINE

Zalety systemu ociepleń S-LINE

- »» możliwość montażu do istniejącego systemu ociepleń
- »» najwyższa trwałość użytkowania
- »» trwałość i odporność mechaniczna dzięki zastosowaniu zbrojonej włóknem zaprawy klejowo- zpcachlowej SKS
- »» naturalna odporność na warunki atmosferyczne dzięki zastosowaniu tynku HYDROCON®
- »» zastosowanie hybrydowej farby silikatowej HC 425 jako powłoki końcowej



quick-mix Spółka z o.o.
ul. Nyska 36, 57-100 STRZELIN
quick-mix.pl

MGR INŻ. JERZY ŻURAWSKI

EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA MATERIAŁÓW TERMOIZOLACYJNYCH

39

Wznoszenie budynków energooszczędnych wymaga umiejętności wyboru rozwiązań efektywnych zarówno ekonomicznie, jak i energetycznie. Istnieje wiele kryteriów, dzięki którym można dokonać takiej oceny.

Poprawa efektywności energetycznej jest aktualnie priorytetowym działaniem obejmującym całą gospodarkę. Poszukiwania rozwiązań efektywnych energetycznie widoczne są w każdej dziedzinie gospodarki i mają wpływ m.in. na ekonomię, energetykę, ochronę środowiska, przemysł, jakość powietrza, a ostatecznie – na zdrowie.

EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA BUDYNKÓW

Istnieje wiele różnych parametrów opisujących efektywność energetyczną w budownictwie. Do najważniejszych czynników należą: nieodnawialna energia pierwotna – EP, energia końcowa – EK, energia użytkowa – EU, izolacyjność termiczna przegród budowlanych, szczelność powietrzna budynku, efektywna energetycznie wentylacja, efektywny energetycznie system grzewczy, chłodniczy, sterowanie i zarządzanie energią. Na liście nie może też brakować odnawialnych źródeł energii.

W Rozporządzeniu Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013 r. zmieniającym rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (WT 2013), opisano wymagania obejmujące niektóre wartości graniczne kilku istotnych wskaźników: wskaźnika nieodnawialnej energii pierwotnej EP (**TABELA 1**), współczynnika przenikania ciepła ścian, dachu, okien czy podłogi na gruncie (**TABELA 2**).

Bardzo często do opisu strat ciepła w budynku wykorzystywany jest procentowy udział poszczególnych elementów budynku. Jest to czytelna, choć nie do końca miarodajna forma. Zależy od rodzaju wentylacji i może doprowadzać do błędnych wniosków. W **TABELI 3** przedstawiono udział strat ciepła przez poszczególne elementy w zależności od rodzaju wentylacji.

Nowe coraz bardziej rygorystyczne wymagania doprowadzą do konieczności stosowania wentylacji z odzyskiem ciepła. Stosowanie wentylacji mechanicznej z rekuperacją przyczynia się do wzrostu zużycia energii pomocniczej. Przy zastosowaniu wentylacji z rekuperacją udział statycznych strat ciepła ulega zdecydowanej zmianie. W przypadku wentylacji naturalnej procentowy udział statycznych strat ciepła wynosi ok. 35–45%. Przy wentylacji mechanicznej procentowy

Wymagana w latach	EP _{H+W} na potrzeby ogrzewania, wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej [kWh/(m ² ·rok)]				
	Budynki jedno-rodzinne	Budynki wielo-rodzinne	Budynki zamieszkania zbiorowego	Budynki użyteczności publicznej	
				opieki zdrowotnej	pozostałe
2014–2016	120	105	95	390	65
2017–2019 (2020)	95	85	85	290	60
Od 2020 (2021)	70	65	75	190	45

TABELA 1. Częstkowe maksymalne wartości wskaźnika EP_{H+W} na potrzeby ogrzewania, wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej według WT 2013

Wymagania w latach	Współczynnik przenikania ciepła U [W/(m ² ·K)]		
	Ściany	Dach	Podłoga na gruncie
2014–2016	0,25	0,2	0,3
2017–2019 (2020)	0,23	0,18	0,3
Od 2020 (2021)	0,2	0,15	0,3
Budynki NF 40	0,2	0,15	0,25
Budynki NF 15	0,12	0,12	0,12

TABELA 2. Wartości graniczne współczynnika przenikania ciepła wybranych przegród według WT 2013 oraz programu Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (domy z dopłatą NF 40 i NF 15)

Udział straty ciepła w budynku przez przegrody przy wentylacji	Wentylacja naturalna [%]	Wentylacja mechaniczna z rekuperacją [%]
Ściany	15	25
Dach	12	18
Stolarka okienna i drzwiowa	15	22
Podłoga na gruncie	3	5
Wentylacja	55	30

TABELA 3. Procentowy udział strat ciepła w budynku o tej samej izolacyjności cieplnej przegród przy wentylacji naturalnej i mechanicznej z odzyskiem ciepła

udział statycznych strat ciepła wynosi ok. 65–75% i może wskazywać na dalsze rezerwy poprawy efektywności energetycznej przegród budowlanych.

WIELOKRYTERIALNA OCENA EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ BUDYNKU

Odpowiednie zrównoważenie statycznych i dynamicznych strat ciepła wymaga przeprowadzenia bardzo złożonych, wielokryterialnych procesów optymalizacji. Przeprowadzenie takiej optymalizacji wymaga uwzględnienia kilkunastu parametrów głównych oraz kilkadziesiątu parametrów podrzędnych, często wzajemnie od siebie zależnych. Aktualnie dostępne są różnego rodzaju

metody optymalizacyjne, np. metody umożliwiające dyskontowanie cen energii oraz kosztów inwestycji. Nie jest to prosta metoda i wymaga wykonania czasami nawet kilkudziesięciu tysięcy bilansów energetycznych (na szczęście wykonywanych automatycznie). Do powszechnego użytku potrzebna jest prostsza metoda wyboru rozwiązań optymalnych.

W przypadku przegród budowlanych wstępnej ocenie powinny podlegać: wartość współczynnika przewodzenia ciepła materiału termoizolacyjnego, koszt materiału, koszt systemu ocieplenia, koszt całej przegrody, zacienienie, wpływ na powierzchnię zabudowy, grubość lub wysokość przegrody, mostki cieplne, oddziaływanie na środowisko naturalne (LCA) oraz pośrednio wpływ na izolacyjność akustyczną, ognioodporność, trwałość. Dla jednego parametru głównego można wyróżnić bardzo wiele parametrów podrzędnych, które mogą mieć istotny wpływ na wynik końcowy oceny wielokryterialnej.

OCENA ENERGETYCZNO-EKONOMICZNA MATERIAŁÓW TERMOIZOLACYJNYCH

Wyboru efektywnego energetycznie i ekonomicznie materiału termoizolacyjnego można dokonać za pomocą metod dynamicznych lub za pomocą prostej metody, w której ocenia się: koszty materiału, wykonawstwa oraz izolacyjność cieplną. Koszty wykonawstwa przy tej samej metodzie wbudowania materiału można podzielić na stałe oraz zmienne. W analizie należy uwzględnić jedynie koszty zmienne: koszt materiału termoizolacyjnego zależny od skuteczności izolacji termicznej oraz koszty zmienne. Przykładowe koszty zmienne występujące przy wykonywaniu izolacji termicznej ścian związane są z dodatkowymi nakładami na wykonanie obróbek stolarki, attyk itd. Koszty zmienne występujące przy wykonywaniu izolacji termicznej dachu lub podłogi na gruncie to koszty związane ze zmienną wysokością murów budynku, kondygnacji. Wskaźnik efektywności ekonomicznej i energetycznej skuteczności izolacji termicznej materiału wyznacza się według następującego wzoru:

$$WE_{e,k} = \frac{K_m + K_z}{R_m} \text{ [zł} \cdot \text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$$

gdzie:

$WE_{e,k}$ – wskaźnik efektywności ekonomicznej i energetycznej skuteczności izolacji termicznej materiału,

K_m – koszty 1 m³ materiału termoizolacyjnego,

K_z – koszty zmienne związane z wbudowaniem materiału termoizolacyjnego,

R_m – opór cieplny spełniający wymagania prawne w zakresie izolacyjności termicznej.

Wykorzystanie takiej metody oceny do analizy efektywności ekonomicznej skuteczności izolacji termicznej w odniesieniu do różnych materiałów izolacyjnych wykonano w odniesieniu do ściany ocieplanej metodą ETICS oraz podłogi na gruncie.

IZOLACYJNOŚĆ TERMICZNA PRZEGRÓD BUDOWLANYCH

Izolacyjność termiczna nowoczesnych przegród budowlanych zależy głównie od właściwości izolacyjnych oraz grubości materiału izolacyjnego. Popularność danego materiału zależy od wymagań

OCIEPLENIE ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH

Straty energii cieplnej w budynkach zdominowane są przez przegrody zewnętrzne. Straty ciepła przez ściany zewnętrzne stanowią ok. 25% całkowitych strat ciepła. Aby zapewnić w budynkach komfort ciepłno-wilgotnościowy przy osiągnięciu wysokiej ekonomiczności inwestycyjnej oraz eksploatacyjnej, należy projektować i wykonywać przegrody z wykorzystaniem wskaźnika efektywności i ekonomicznej skuteczności izolacji termicznej. Spełnienie wymagań prawnych przegrody wykonanej z cegły silikatowej ocieplonej styropianem o $\lambda = 0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ oraz $\lambda = 0,031 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, wełny mierzalnej o $\lambda = 0,042 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ oraz PIR o $\lambda = 0,031 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Ze względów ekonomicznych najkorzystniejszym materiałem termoizolacyjnym jest styropian o $\lambda = 0,031 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

W **TABELI 4** zamieszczono grubości różnych materiałów termoizolacyjnych dobrane tak, aby spełnić odpowiednie wymagania wynikające z WT 2013. W **TABELI 5** zamieszczono natomiast wartości wskaźnika efektywności energetycznej i ekonomicznej izolacji termicznej.

IZOLACJA PODŁÓG NA GRUNCIE

Podłoga na gruncie jest szczególnym rodzajem przegrody, ponieważ jest w ciągłym kontakcie z zawiłgoconym i chłodnym środowiskiem, a co za tym idzie jest narażona na zagrożenia z tym związane. Coraz częściej – także z powodów ekonomicznych – buduje się budynki bez podpiwniczenia, gdzie podłoga na gruncie jest jednocześnie podłogą kondygnacji mieszkalnej.

Zgodnie z obowiązującym prawem budowlanym budynki powinny być projektowane, budowane i użytkowane w sposób zapewniający oszczędność energii i odpowiednią izolacyjność przegród.

Wymagania prawne obowiązujące w latach	Współczynnik przenikania ciepła ściany [$\text{W/(m}^2\cdot\text{K)}$]	Grubość materiału termoizolacyjnego [m] umożliwiająca spełnienie odpowiednich wymagań prawnych przy λ [$\text{W/(m}\cdot\text{K)}$]			
		styropian o $\lambda = 0,04$	styropian o $\lambda = 0,031$	wełna mineralna o $\lambda = 0,042$	PIR o $\lambda = 0,023$
WT 2014–2016	0,25	0,14	0,11	0,15	0,08
WT 2017–2019 (2020)	0,23	0,16	0,12	0,16	0,09
WT od 2020 (2021)	0,2	0,18	0,14	0,19	0,1
Budynki NF 40	0,2	0,18	0,14	0,19	0,1
Budynki NF 15	0,12	0,32	0,25	0,33	0,15
Optymalna wartość U ściany	0,121	0,31	0,24	0,33	0,15

TABELA 4. Grubości różnych materiałów termoizolacyjnych dobrane tak, aby spełnić odpowiednie wymagania wynikające z WT 2013

Wymagania w latach	Współczynnik przenikania ciepła ściany [W/(m ² ·K)]	Wskaźnik efektywności energetycznej i ekonomicznej izolacji termicznej WE _{e,k} przy λ [W/(m·K)]			
		styropian o λ = 0,04	styropian o λ = 0,031	węlna mineralna o λ = 0,042	PIR o λ = 0,023
2014–2016	0,25	6,44	5,89	12,22	20,10
2017–2019 (2020)	0,23	6,52	6,01	11,72	19,78
Od 2020 (2021)	0,2	6,60	5,95	11,68	19,57
Budynki NF 40	0,2	6,60	6,01	11,68	19,23
Budynki NF 15	0,12	6,76	6,11	11,59	19,16
Optymalna wartość U ściany	0,121	6,76	6,11	11,59	19,04

TABELA 5. Wskaźnik efektywności energetycznej i ekonomicznej izolacji termicznej

Wymagania	Współczynnik przenikania ciepła podłogi na gruncie [W/(m ² ·K)]	Grubość materiału termoizolacyjnego [m] umożliwiająca spełnienie odpowiednich wymagań prawnych przy λ [W/(m·K)]			
		styropian o λ = 0,036	styropian o λ = 0,032	XPS o λ = 0,038	PIR o λ = 0,023
2014–2021	0,3	0,1	0,09	0,11	0,07
Budynki NF 40	0,25	0,12	0,1	0,12	0,08
Budynki NF 15	0,12	0,19	0,17	0,2	0,13
Optymalna wartość U podłogi	0,249	0,12	0,11	0,12	0,08

TABELA 6. Grubość różnych materiałów termoizolacyjnych umożliwiająca spełnienie odpowiednich wymagań prawnych podłogi na gruncie

Oznacza to, że istnieje konieczność stosowania izolacji termicznej pod powierzchnią podłogi posadowionej bezpośrednio na gruncie. Decyzja o doborze grubości izolacji zależy do oczekiwań oraz wymagań prawnych. Izolacja termiczna musi charakteryzować się przede wszystkim wysoką wytrzymałością na naprężenia wywołane obciążeniami użytkowymi i własnymi układu, odpowiednimi właściwościami termicznymi oraz stabilnością wymiarów.

Ze względu na umiejscowienie izolacji termicznej w konstrukcji podłogi na gruncie wyróżnia się kilka rozwiązań tego typu przegrody. Zastosowanie któregoś z tych wariantów uzależnione jest od konstrukcji budynku, jego przeznaczenia i rodzaju termoizolacji. W **TABELI 6** przedstawiono grubość materiału termoizolacyjnego w zależności od wartości współczynnika przewodzenia ciepła. W **TABELI 7** przedstawiono natomiast wskaźnik efektywności energetycznej i ekonomicznej izolacji termicznej podłogi na gruncie. Z przeprowadzonej analizy wynika, że najkorzystniejsze ekonomicznie jest zastosowanie styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła 0,032 W/(m·K).

Analizę skuteczności ekonomicznej i energetycznej popularnych materiałów termoizolacyjnych do izolacji ścian, podłóg na gruncie wykonano z wykorzystaniem cen rynkowych materiałów

Wymagania prawne obowiązujące w latach	Współczynnik przenikania ciepła podłogi na gruncie [W/(m ² ·K)]	Wskaźnik efektywności energetycznej i ekonomicznej izolacji termicznej WE _{e,k} [zł·W/(m ² ·K)]			
		styropian o λ = 0,036	styropian o λ = 0,032	XPS o λ = 0,038	PIR o λ = 0,023
2014–2021	0,3	8,20	6,98	15,75	20,36
Budynki NF 40	0,25	8,24	7,01	15,33	19,67
Budynki NF 15	0,12	8,28	7,04	15,12	18,29
Optymalna wartość U podłogi	0,249	8,32	7,07	14,91	19,21

TABELA 7. Wskaźnik efektywności energetycznej i ekonomicznej izolacji termicznej podłogi na gruncie

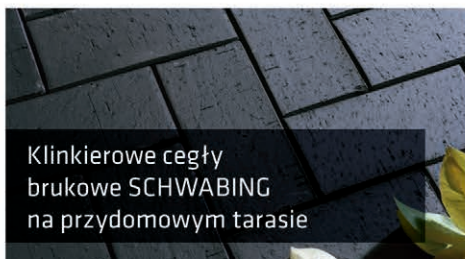
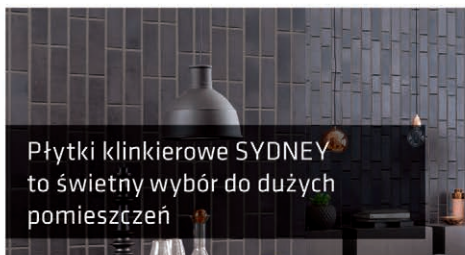
oraz rynkowych kosztów zmiennych. Do analizy porównawczej materiałów termoizolacyjnych ściennych przyjęto koszt styropianu białego (135 zł/m³), koszt styropianu szarego (165 zł/m³), wełny mineralnej (250 zł/m³), pianki PIR (850–900 zł/m³). Wykonana analiza porównawcza wykazała, że najniższa wartość występuje w przypadku styropianu szarego do wykonania izolacji termicznej ściany i dachu o λ = 0,031 i 0,032 W/(m·K). ■

JERZY ŻURAWSKI ukończył Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej, specjalność konstrukcje. Jest współzałożycielem Dolnośląskiej Agencji Energii i Środowiska zajmującej się zagadnieniami związanymi z szeroko pojętą energooszczędnością budynków. Współtworzy programy komputerowe wspomagające obliczenia cieplne budynków. Jest organizatorem szkoleń i konferencji, a także konsultantem i wykonawcą projektów domów energooszczędnych. Związany jest z uczelniami technicznymi jako wykładowca zagadnień dotyczących fizyki cieplnej budowli.



Fasada domu wykonana
z cegieł klinkierowych FARO

MODNE SZAROŚCI



Szarość niejedno ma imię...
Moda na szare tonacje
w architekturze nie oznacza
monotonii. Wręcz przeciwnie.

Szare tło ścian pozwala na ciekawe
wyeksponowanie kolorowych detali
i akcesoriów. Szarość sama w sobie
to bogactwo odcieni i tonacji.
Dodatkowo ceramika jako materiał
pozwala na uzyskanie różnych
faktur powierzchni.



Roben
CERAMIKA BUDOWLANA

www.robent.pl

SPRAWDZONE SPOSOBY NA ELIMINACJĘ MOSTKÓW CIEPLNYCH

Zaprojektowanie obiektu budowlanego, który łączy w sobie trwałość, jakość wykonania i ekonomię użytkowania, zagwarantuje minimalną ilość wad i niskie zapotrzebowanie energetyczne, co obniży koszty jego utrzymania. Założenia te prowadzą do poszukiwania materiałów i rozwiązań technicznych pozwalających na wyeliminowanie słabych miejsc w przegrodach, umożliwiających nie tylko poprawę izolacyjności termicznej budynku, ale również mikroklimatu w pomieszczeniach.

Norma PN EN ISO 10211-1 definiuje mostek cieplny (termiczny) jako część obudowy budynku, w której jednolity opór cieplny jest znacznie zmieniony przez:

- » całkowite lub częściowe przebicie obudowy budynku przez materiały o innym współczynniku przewodzenia ciepła,
- » zmianę grubości warstw materiałów,
- » różnicę między wewnętrznymi i zewnętrznymi powierzchniami przegród, jaka występuje w połączeniach ściana/podłoga/sufit.

W praktyce ze względów konstrukcyjnych nie jest możliwe całkowite wyeliminowanie występowania zjawiska mostków cieplnych, a jedynie ich zminimalizowanie. Najczęściej problem ten pojawia się w miejscach węzłów konstrukcyjnych, takich jak np. na połączeniu płyty balkonowej ze stropem lub ścian z fundamentem, podłogą na gruncie czy stropem przyziemia.

Próbując zminimalizować negatywny wpływ mostków cieplnych projektant staje przed trudnym zadaniem. Musi zaprojektować trwałe połączenie węzłów konstrukcyjnych przy jednoczesnym zapewnieniu ciągłości izolacji termicznej. Niewłaściwe zaprojektowanie oraz wykonanie połączenia zewnętrznego elementu żelbetowego lub stalowego ze ścianą, połączenia ścian z podłogą na gruncie i stropem, bądź innym elementem konstrukcji budynku, powoduje powstanie słabego, z punktu widzenia fizyki budowli, miejsca w budynku – mostka cieplnego, przez który ucieka ciepło. Mostki cieplne prowadzą do obniżenia temperatury wewnętrznej powierzchni przegrody w miejscu ich występowania, co powoduje większe straty ciepła, a w najgorszym przypadku wykraplanie się pary i powstawanie pleśni.

Firma Stahlton w swojej ofercie posiada całą gamę rozwiązań i produktów umożliwiających w znacznym zakresie eliminację mostków cieplnych. Pozwalają one kształtować połączenia ścian z fundamentem, podłogą na gruncie lub stropem w przyziemiu oraz połączenia elementów

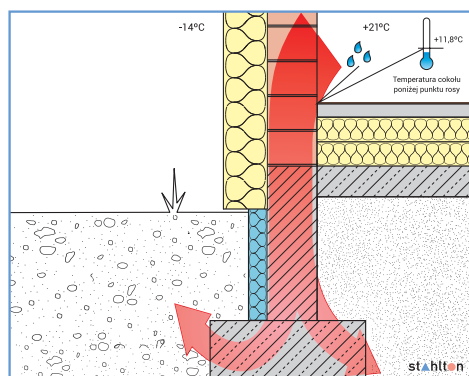
zewnątrznych, takich jak markizy, daszki, anteny satelitarne czy poręcze z konstrukcją nośną budynku.

LINIOWY MOSTEK CIEPLNY W STREFIE COKOŁOWEJ BUDYNKU

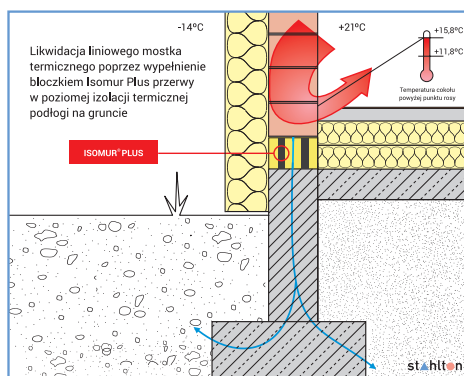
Liniowe mostki cieplne powstają, gdy na pewnym odcinku przegrody budowlanej brakuje termoizolacji, ma ona zmniejszoną grubość lub jej ciągłość została przerwana. Taka sytuacja pojawia się np. w miejscach posadowienia ścian w przyziemiu budynku, czyli w przypadku styku ściany z fundamentem, z podłogą na gruncie lub stropem nad nieogrzewaną piwnicą czy garażem.

Podczas ocieplania stropu lub podłogi na gruncie warstwę poziomą izolacji termicznej układa się pomiędzy ścianami, natomiast jej poprowadzenie pod samymi ścianami nie jest możliwe ze względu na niską wytrzymałość na ściskanie materiałów izolacyjnych takich jak EPS, XPS czy wełna mineralna. Prowadzi to do przerywania ciągłości poziomej izolacji termicznej ocieplanego elementu konstrukcji, co skutkuje powstaniem znacznego liniowego mostka cieplnego w kierunku pionowym (RYS. 1). Ciepło pomieszczenia ogrzewanego wnika do ściany, a następnie wobec różnicy temperatur oraz niskiego oporu cieplnego przepływa swobodnie w kierunku

47



RYS. 1. Przerwa w izolacji termicznej na styku ściany z fundamentem prowadzi do powstania mostka cieplnego w kierunku pionowym



RYS. 2. Isomur Plus zamyka przerwę w poziomej izolacji termicznej podłogi na gruncie lub stropu przyziemia

elementów konstrukcji budynku wykonanych z betonu o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda_{\text{Beton}} = 1,7 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$, takich jak fundament, podłoga na gruncie czy strop nad nieogrzewaną piwnicą lub garażem.

ISOMUR® PLUS – JAK WYELIMINOWAĆ LINIOWY MOSTEK CIEPLNY W COKOLE BUDYNKU

Stosując Isomur® Plus jako wypełnienie przerwy w izolacji termicznej na styku ścian z fundamentem, podłogą na gruncie lub stropem, minimalizujemy w znacznym stopniu przepływ strumienia ciepłego przez przegrodę budowlaną w kierunku pionowym, ograniczając w dużym



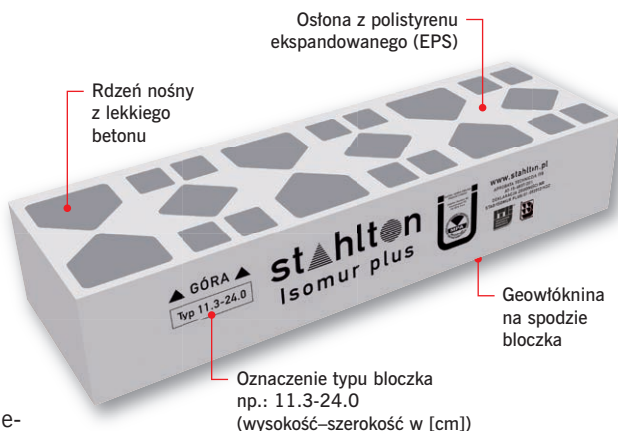
FOT 1. Pełń w rejonie mostka cieplnego to następstwo zawilgocenia ściany spowodowanego zjawiskiem rosenia



FOT 2. Isomur® Plus jako pierwsza warstwa ściany zewnętrznej

stopniu straty ciepła przez istniejący tam mostek cieplny. Ograniczenie ucieczki ciepła, oprócz korzyści finansowych, prowadzi jednocześnie do podniesienia temperatury po wewnętrznej stronie ściany w cokole budynku powyżej punktu „rosy”, co w efekcie eliminuje ryzyko powstawania pleśni na ścianach (**FOT 1**).

Metody ograniczenia strat ciepła przez mostek cieplny w cokole, takie jak ocieplanie ścian fundamentowych, przynoszą tylko wymierne korzyści, pomimo sporych nakładów finansowych na zakup materiałów izolacyjnych oraz robociznę. Rozwiązanie takie nie zamyka przerwy w poziomej izolacji termicznej i tym samym nie pomaga zachować jej ciągłości, a jedynie nieznacznie zmniejsza straty ciepła (wartość Ψ_e [W/(m·K)]) przez istniejący tam mostek cieplny.



RYS. 3. Bloczek Isomur® Plus

Dane techniczne:

- » wymiary: długość: 60 cm; wysokość: 11,3 cm dla szerokości: 11,5, 15, 17,5, 20, 24 i 30 cm; wysokość: 9 cm dla szerokości: 17,5 i 24 cm
- » współczynnik przewodzenia ciepła: $\lambda = 0,245$ W/(m·K)
- » niski stopień nasiąkliwości wg normy PN-EN ISO 12571: maks. 4%
- » absorpcja wody wg PN-EN 772-11: $c_{ws} = 0,10$ kg/($\sqrt{m^2 \cdot h}$) – deklaracja: nieprzepuszczalny dla wody
- » wytrzymałość na ściskanie: 20 MPa – możliwość wznoszenia na bloczkach budynków do 4 kondygnacji

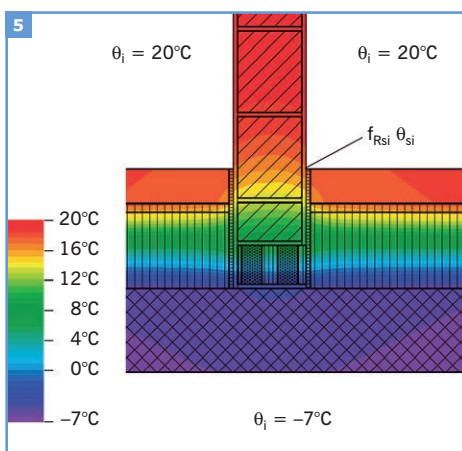
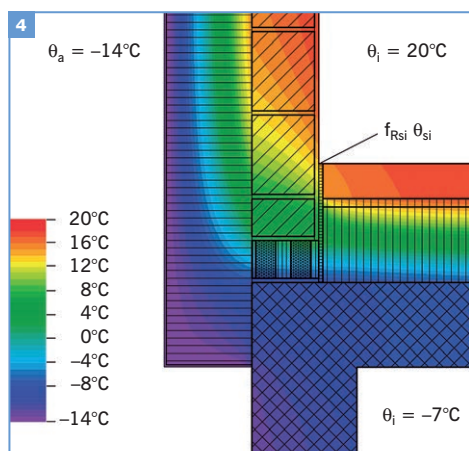
- » wytrzymałość na ścinanie ściany z wbudowanymi bloczkami ISOMUR: 0,10 MN/m²
- » klasa odporności ogniowej: F 30 oraz F 90 wg DIN 4102
- » izolacja akustyczna: nie wpływa negatywnie na izolacyjność akustyczną ściany, w którą został wbudowany

ISOMUR® Plus charakteryzuje się następującymi właściwościami:

- » niski współczynnik przewodności cieplnej λ [W/m · K]
- » bardzo niski stopień nasiąkliwości – brak obniżenia właściwości izolacyjnych bloczka po ewentualnym zawilgoceniu
- » brak przepuszczalności dla wody – stanowi dodatkową warstwę poziomej izolacji przeciwwilgociowej ścian
- » brak kapilarnego podciągania wody do warstw muru posadowionych bezpośrednio na bloczku
- » duża wytrzymałość na ściskanie – możliwość wznoszenia na bloczkach budynków do 4 kondygnacji
- » szybkie i proste wbudowanie
- » dokładność wymiarowa

Stosując ISOMUR® Plus zyskujemy:

- » podniesienie poziomu temperatury na wewnętrznych powierzchniach ścian w części cokołowej znacznie powyżej temperatury krytycznej
- » minimalne straty ciepła, mające ogromny wpływ na obniżenie kosztów ogrzewania pomieszczeń
- » brak występowania zawilgoczeń, przebarwień i pleśni na ścianach powstających pod wpływem zjawiska rosenia
- » zdrowy mikroklimat w pomieszczeniu
- » suchy i ciepły cokół



RYŚ. 4–5. Prezentacja termograficzna ściany zewnętrznej oraz lekkiej działowej z zastosowaniem bloczków Isomur® Plus

ELEMENTY MONTAŻOWE ECO-FIX – SPOSÓB NA PUNKTOWE MOSTKI CIEPLNE

Punktowe mostki cieplne powstają wskutek przebicia warstwy izolacji termicznej budynku przez łączniki z materiałów o dużej przewodności cieplnej, takie jak stalowe kotwy, dyble czy śruby. Ze względu na stosowanie coraz grubszych warstw izolacji termicznej ścian, elementy łącznikowe osiągają znaczne długości. Wraz ze wzrostem ich długości wzrasta ich sprężystość, co może prowadzić, np. poprzez obciążenie elementu wiatrem, do odkształceń oraz pęknięć elewacji w miejscu mocowania elementu zewnętrznego oraz wnikania wilgoci do ściany (FOT. 3).

Produkty z grupy Eco-Fix są pośrednimi łącznikami do montażu elementów zewnętrznych, takich jak balustrady, markizy, daszki czy anteny satelitarne w elewacji budynku. Wykonane z twardej pianki poliuretanowej (PUR) o bardzo dobrych właściwościach termoizolacyjnych służą do eliminacji punktowych mostków cieplnych. Elementy Eco-Fix stanowią integralną część przegrody budowlanej – nie obciążają elewacji, co gwarantuje brak powstawania pęknięć na połączeniu z ociepleniem ściany oraz z elementem zewnętrznym.

Pozwalają na łatwy montaż ciężkich elementów, gwarantując ich trwałe i bezpieczne zamocowanie oraz zapewniają termiczne „odcięcie” elementu zewnętrznego od budynku.

Dane techniczne zależne od typu elementu Eco-Fix:

- » materiał: twarda pianka poliuretanowa (PUR)
- » gęstość ρ : 200–450 kg/m³
- » współczynnik przewodzenia ciepła λ : 0,038–0,080 W/(m · K)
- » dopuszczalne obciążenia: nacisk centryczny na element do 19,6 kN; siły ścinające do 8,0 kN; siły wyrywające do 22,0 kN
- » zastosowanie odpowiedniego elementu Eco-Fix: zależne od ciężaru i rodzaju elementu zewnętrznego



FOT 3. Pęknięcie elewacji w miejscu źle zamontowanego daszku



FOT 4. Kątownik montażowy Eco-Fix G do mocowania balustrad przy portfenetrach



FOT 5. Konsola Eco-Fix A-E do mocowania daszków, markiz i barierek



FOT 6. Konsola Eco-Fix TK do mocowania poręczy, balustrad i okiennic

Zalety produktów Eco-Fix:

- » bardzo dobre właściwości termoizolacyjne
- » eliminują powstawanie punktowych mostków cieplnych
- » nie obciążają elewacji
- » stanowią stabilne podłoże do mocowania elementów zewnętrznych
- » wytrzymują znaczne obciążenia wyrywające oraz ściskające
- » mogą być stosowane przy grubości ocieplenia aż do 30 cm
- » elementy oferowane są jako rozwiązanie systemowe
- » łatwy montaż elementów nie wymaga używania specjalistycznych narzędzi

KONTAKT

stahlton

STAHLTON Polska Sp. z o.o.
ul. Eugeniusza Kwiatkowskiego 24
55-011 Siechnice
tel.: + 48 71 317 79 22
www.stahlton.pl

INŻ. KRZYSZTOF MILCZAREK

52

TERMOIZOLACJA NAKROKWIOWA

Korzyścią z zastosowania systemu nakrokwiowego jest istotne ograniczenie, a często praktycznie wykluczenie mostków termicznych w dachu – miejsc niebezpiecznych dla jego konstrukcji i bardzo niekorzystnych dla ogólnego energetycznego bilansu budynku.

CIEPŁO, LEKKO, SUCHO

Przewaga nakrokwiowych systemów zasadza się na oczywistym fakcie, iż w każdym innym rozwiązaniu w konstrukcji dachu istnieje wiele „zimnych” jego fragmentów, tzn. elementów przyjmujących praktycznie temperaturę zewnętrzną i przez które wewnętrzne ciepło może być intensywnie emitowane – zdarza się, że znajdują się w istotnej dla ogólnego bilansu części.

W związku z tym, miejsca te należy dodatkowo zabezpieczać pod względem termicznym, a często trzeba także zapobiec procesowi kondensacji dyfuzyjnej wilgoci z wnętrza. Przy pokryciu całej konstrukcji więźby dachowej – równo i na zewnątrz – problem ten nie występuje, albowiem wszystkie elementy konstrukcji znajdują się po wewnętrznej – „cieplej” – stronie termoizolacji i wspomniane zjawiska nie zachodzą.



ERGONOMIA I ESTETYKA

Główne estetyczno-użytkowe korzyści nakrokwiowej aplikacji ocieplenia są dwie. Pierwsza to możliwość wyeksponowania i zagospodarowania naturalnego, pięknego drewna konstrukcyjnego więźby dachowej. To duże pole do popisu dla różnorodnych aranżacji – od klasycznie rustykalnych do nowoczesnych.

Druga korzyść to oczywiste zwiększenie wymiarów pomieszczenia, szczególnie wzwyż, umożliwiające instalację dodatkowych elementów wyposażenia, np. prysznicza łazienkowego, dodatkowych pótek, oświetlenia czy książkowych regałów na malowniczej antresoli.

53

SZYBKO, ŁATWO I BEZPIECZNIE

Niezależnie od tego, czy wypowiadają się mistrzowie dekarstwa czy też początkujący praktycy tej profesji, wszyscy potwierdzają, że praca jest łatwiejsza i szybsza. Ze względu na mechaniczne właściwości poliuretanu, montaż izolacji nie grozi uszkodzeniami samego materiału ani zastosowanych folii i membran. Inne właściwości, takie jak brak pylenia, możliwość doboru płyty różnej grubości (40 do 120 mm), mała ilość potrzebna do pokrycia dużych powierzchni (1,2 m × 2,4 m) oraz bezpieczeństwo przemieszczania się po stabilnych drewnianych elementach więźby, wskazują na wykonawczą przewagę tego systemu.

TAKIE BĘDĄ TRENDY

Dziś, ekologiczny punkt widzenia wydaje się może jeszcze nieco abstrakcyjny i nierealny, jednak nic bardziej mylnego. Tylko patrzeć, jak w rutynowej pracy projektanta zagnieżdżą się na stałe współczesne metody projektowania z uwzględnieniem szeroko pojętego „rozwoju zrównoważonego”, „zielonych certyfikatów”, „wielokryterialnych metod oceny budynku” itp.

Wtedy to, już przy elementarnej wstępnej analizie „oceny cyklu życia” okaże się, że proponowane „poliuretanowe” i „nakrokwiowe” rozwiązanie dla dachów skośnych jest w tym kontekście tańsze od np. „wełnianego” o nie mniej niż 20%. Należy się także spodziewać, że już niedługo poziom „ekologiczności” materiałów wbudowanych (obok ich energochłonności) będzie miał istotny wpływ na wartość nieruchomości w chwili jej zbywania.

Uwzględniając wieloczynnikowe analizy, musimy się liczyć z tym, że coraz gorzej oceniane będą (będą coraz droższe) te produkty, których ekologiczny koszt wytworzenia, aplikacji i eksploatacji będzie wysoki, a wygrywać będą m.in. wyroby z relatywnie małym udziałem naturalnych kopalin.

To obszar, w którym poliuretany znowu pokazują swoją rozwojową przewagę. W odróżnieniu, bowiem od innych popularnych rozwiązań, tylko przy produkcji podstawowych składników tego materiału, można zrezygnować z użycia deficytowych surowców kopalnych (ropa naftowa) na rzecz bioodnawialnych olejów pochodzenia roślinnego (olej kukurydziany, lniany, słonecznikowy, sojowy, palmowy, rycynowy, olej rybi, a także rolnicze odpady, m.in.: kaczany kukurydzy, słomy, odpadowe oleje, tłuszcze zwierzęce itd.). Tak więc produkcja poliuretanów, już w niedalekiej przyszłości, kojarzyć się będzie bardziej z upojnym zapachem morza rzepaku, niż hodowlami egzotycznych lasów palmowych niż fabrycznym wyziewem.

KLASY IZOLACYJNOŚCI

THERMANO
SUPERIZOLACJA

A++ $\lambda = 0,020-0,023$

THERMANO, IZOLITE

A+ $\lambda = 0,024-0,027$

PŁYTY PIR

A $\lambda = 0,028-0,031$

PUR BEZ OKŁADZINY GAZOSZCZELNEJ, ISOVER MULTIMAX 30

B $\lambda = 0,032-0,036$

STYROPIAN XPS, PIR NATRYSKOWY, PAROC ROS-30

C $\lambda = 0,037-0,040$

STYROPIAN EPS, ROCKWOOL MONOROCK PRO

D $\lambda = 0,041-0,045$

STYROPIAN EPS, KNAUF CLASSIC 042

E $\lambda \geq 0,046$

NAJCIEPLEJSZE ODMIANY BETONU KOMÓRKOWEGO

* zestawienie uwzględniła lambdę starzeniową przykładowych materiałów stosowanych w termoizolacji

MULTIODPORNOŚĆ

Płyty z twardych pianek poliuretanowych np. THERMANO, to nowoczesne materiały o niezwyklej trwałości. Są:

trudnoodkształcalne – ze względu na swoje właściwości mechaniczne,

- » nienasiąkliwe, odporne na okresowy i stały kontakt z wodą – dzięki małej nasiąkliwości,
- » odporne na większość efektów biodegradacyjnych – ze względu na skład chemiczny oraz
- » odporne na działanie wielu agresywnych związków chemicznych.

Najbardziej znany, wyspecjalizowany w tych badaniach, Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. (Instytut Badawczy Izolacji Ciepłej – FIW w Monachium) ocenił mające 28 i 33 lat wycinki PUR z istniejących budynków pod kątem:

- » wartości współczynnika przewodzenia ciepła,
- » wytrzymałości na ściskanie,
- » zawartości wilgoci,
- » zmian wymiarowych i integralności płyt izolacyjnych.

FIW potwierdził, że pianka PUR „nie ma istotnych uszkodzeń (wartych wzmianki)” i „wciąż nie wykazuje defektów”.

Co więcej, „po 33 latach użytkowania te płyty izolacyjne z PUR są wciąż w pełni funkcjonalne i nadal wykazują wszystkie deklarowane wartości i właściwości użytkowe”.

Oznacza to, że jeśli dziadek dobrze położył THERMANO na swoim dachu, to jego wnuczek ma szansę zdemontować je i użyć ponownie bezinwestycyjnie i bez pogorszenia właściwości termoizolacyjnych. A czegoś takiego jeszcze nie było.

KONTAKT

THERMANO
SUPERIZOLACJA

BALEX METAL

ul. Wejherowska 12C, 84-239 Bolszewo
tel.: 58 778 44 44, kontakt@balex.eu
thermano.eu, www.balex.eu

MGR INŻ. ALEKSANDRA PIENIAŻEK, MGR INŻ. JOANNA SZELĄG, MGR INŻ. JERZY ŻURAWSKI

IZOLACJE TERMICZNE DACHÓW SKOŚNYCH

55

Stopniowe zaostrzanie wymagań prawnych dotyczących izolacyjności budynków może prowadzić do zmiany konstrukcji przegród oraz do poszukiwań lepszych materiałów termoizolacyjnych. Zmienić może się m.in. sposób budowy dachów opartych o więźby dachowe, tzw. dachów skośnych.

W 2010 r. opublikowano Dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków [1], w której określono program poprawy efektywności energetycznej. W związku z postanowieniami tego dokumentu w Unii Europejskiej od 2021 r. mają powstawać budynki o niemal zerowej charakterystyce energetycznej, zużywające minimalną ilość energii, która powinna pochodzić w bardzo dużym stopniu ze źródeł odnawialnych wytwarzanych na miejscu lub w pobliżu budynku. Pod wpływem postanowień europejskich w Polsce znowelizowano wymagania prawne, obniżono dopuszczalną prawem energochłonność budynków oraz określono zmiany wymagań w tym zakresie. Wprowadzono nowe wymagania dotyczące izolacyjności termicznej przegród budowlanych oraz wskaźnika nieodnawialnej energii pierwotnej EP przy zachowaniu odpowiedniego klimatu pomieszczeń.



WYMAGANIA PRAWNE WOBEC DACHÓW NA 2014 R., 2017 R. I 2021 R.

Dach jest jedną z najważniejszych przegród w budynku. Jego najistotniejsze funkcje to:

- » zapewnienie odpowiedniej wytrzymałości konstrukcyjnej, pozwalającej użytkować dach zgodnie z przeznaczeniem,
- » ochrona przed wpływem czynników atmosferycznych, takich jak temperatura, wiatr, deszcz, śnieg,
- » ochrona przed hałasem.

Dach może mieć decydujący wpływ na zużycie energii, zwłaszcza w budynkach niskich. Geometria budynku jest jednym z istotnych elementów mających wpływ na straty ciepła.

FOT. 1. Straty przez źle zaizolowany dach mogą wynosić nawet 25% wszystkich strat ciepła w budynku; fot. J. Guzał

Dachy przy temp.	Współczynnik przenikania ciepła $U_{C(maks.)}$ [W/(m ² ·K)]		
	od 1.01.2014 r.	od 1.01.2017 r.	od 1.01.2021 r. ¹⁾
$t_i \geq 16^\circ\text{C}$	$\leq 0,20$	$\leq 0,18$	$\leq 0,15$
$8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$	$\leq 0,30$		
$t_i < 8^\circ\text{C}$	0,70		

TABELA 1. Maksymalne wartości współczynnika przenikania ciepła dachu

¹⁾ Od 1.01.2019 r. w odniesieniu do budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będących ich własnością

W budynkach, w których powierzchnia dachu $F_D/V_e > 0,1 \text{ m}^{-1}$, udział strat ciepła przez dach jest znaczący. W budynkach jednorodzinnych iloraz ten przekracza $F_D/V_e > 0,2 \text{ m}^{-1}$. W takiej sytuacji statyczne straty ciepła przez dach są największe. W większości przypadków straty przez dach wynoszą ok. 15–20% wszystkich strat ciepła w budynku. W niektórych przypadkach mogą przekraczać nawet 25%.

Drugim istotnym parametrem, mającym wpływ na straty ciepła, jest wartość współczynnika przenikania ciepła U , którego graniczne wartości określono w Rozporządzeniu Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013 r. zmieniającym rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [2]. Stopniowe zaostrzenia przepisów obejmują wymagania izolacyjne przegród oraz wymagania ogólne w zakresie wskaźnika nieodnawialnej energii pierwotnej EP.

Od 2014 r. w odniesieniu do temperatury wewnętrznej powyżej 16°C $U_{C(maks.)} \leq 0,2 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. Przepisy ulegną kolejnemu zaostrzeniu w 2017 r. oraz 2021 r. i będą wynosić odpowiednio $0,18 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ i $0,15 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. W TABELI 1 przedstawiono maksymalne wartości współczynnika przenikania ciepła. Warto zaznaczyć, że w przypadku budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będących ich własnością przepisy z 2021 r. obowiązują już od 2019 r.

WYMAGANIA IZOLACYJNE BUDYNKÓW NF15 I NF40

Od lipca 2013 r. określono również inne standardy budynków jedno- i wielorodzinnych z dotacją z Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW) – NF15 i NF40 (TABELA 2). W przypadku wykonywania budynków jednorodzinnych NF15 i NF40 maksymalne dopuszczalne wartości współczynnika przenikania ciepła powinny wynosić:

- » dla strefy klimatycznej I, II i III: $U_{dachu} \leq 0,10 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$,
- » dla strefy klimatycznej IV i V: $U_{dachu} \leq 0,08 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$.

Strefa klimatyczna	Współczynnik przenikania ciepła U_{dachu} [W/(m ² ·K)]			
	Budynek jednorodzinny		Budynek wielorodzinny	
	NF15	NF40	NF15	NF40
I, II, III	$\leq 0,10$	$\leq 0,12$	$\leq 0,12$	$\leq 0,15$
IV, V	$\leq 0,08$	$\leq 0,10$		

TABELA 2. Wymagania co do izolacyjności dachu w budynkach NF15 i NF40

W odniesieniu do budynków wielorodzinnych i wszystkich stref klimatycznych wynoszą odpowiednio:

- » dla NF15: $U_{\text{dachu}} \leq 0,12 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$,
- » dla NF40: $U_{\text{dachu}} \leq 0,15 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$.

Niższe powinno być również zużycie energii użytkowej:

- » dla NF15: $EU \leq 15 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{rok}$,
- » dla NF40: $EU \leq 40 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{rok}$.

W niektórych przypadkach spełnienie wymagań dotyczących energii użytkowej (EU) będzie wymagać projektowania przegród o niższych wartościach współczynnika przenikania ciepła.

RACJONALNA IZOLACYJNOŚĆ TERMICZNA DACHU

Uzyskanie optymalnej izolacyjności przegrody wymaga ustalenia kilku istotnych parametrów mających wpływ na wyniki końcowe. Jednym z nich jest trwałość przegrody. Zagadnienie, choć z pozoru proste, ostatecznie wydaje się najtrudniejsze. Trwałość przegrody można rozpatrywać pod różnym kątem:

- » degradacji materiałów użytych do budowy,
- » technicznego starzenia się materiałów,
- » prawnej utraty parametrów spełniających wymagania,
- » aspektów ekonomicznych.

Najczęściej za trwałość elementu budynku uznaje się tę część, której uszkodzenie decyduje o prawidłowym funkcjonowaniu elementu. W odniesieniu do dachów wpływa na to głównie rodzaj i jakości pokrycia dachowego. Po części zależy również od:

- » poprawnie zaprojektowanej konstrukcji dachu,
- » prawidłowo zastosowanych materiałów,
- » dobrego wykonawstwa,
- » warunków eksploatacji.

Jeżeli wszystkie powyższe warunki są spełnione, można przyjąć, że o trwałości decyduje jakość warstwy zewnętrznej.

Korzyści płynące z przyjęcia odpowiednich rozwiązań mogą być stosunkowo długie, np. trwałość użytkową dobrej dachówki ceramicznej oszacowano na nawet 40 lat, a pokrycia z papy na mało trwałej osnowie tylko na 10 lat. Trwałość jest niezwykle ważnym czynnikiem mającym wpływ na wynik optymalizacji. W **TABELI 3** zamieszczono przykładowe trwałości użytkowe różnych pokryć dachowych mające podstawowe znaczenie dla trwałości dachu.

Podczas wyznaczania optymalnej izolacyjności termicznej dachu znaczenia mają także inne czynniki, głównie:

- » cena energii,
- » koszty budowy dachu,
- » wzrost cen nośników energii,
- » koszty okresowych remontów i napraw.

W ciągu 30–40 lat trudno prognozować zmienność tak wielu czynników, a nieznaczące odchylania od przyjętych założeń mogą wskazać zupełnie inną optymalną wartość współczynnika

Typ przegrody	Trwałość zależna od jakości zastosowanego materiału pod warunkiem realizacji procesów konserwacji i remontów [lata]		Zalecana wartość ekspozycji niezbędna do obliczeń NPV
Dachy z papy tradycyjnej (oksydowanej)	10	12	10
Dachy z papy termozgrzewalnej podwójnej (modyfikowane SBS, APP)	25	30	25
Dachy z dachówki ceramicznej	30	50	40
Dachy z dachówki betonowej	30	50	40
Dachy z blachy powlekanej profilowanej	15	25	20
Dachy z gontu papowego	15	25	20
Dachy z gontu drewnianego	15	25	20
Dachy – strzecha ze słomy	10	15	12
Dachy – strzecha z trzciną	20	25	20

TABELA 3. Trwałość różnego rodzaju pokryć dachowych

Opis	U _{optymalne} [W/(m ² ·K)]	
	blachodachówka	dachówka ceramiczna
	trwałość T = 20 lat	trwałość T = 30 lat
Izolacja międzykrokwkowa	0,169	0,131
Izolacja nakrokwkowa	0,175	0,145
Wymagania od 2014 r.	0,2	
Wymagania od 2017 r.	0,18	
Wymagania od 2021 r.	0,15	
NF15	0,1	
NF40	0,15	

TABELA 4. Analizowane dachy o izolacji międzykrokwkowej i nakrokwkowej

przenikania ciepła dachu. Na potrzeby artykułu poddano analizie dachy o izolacji międzykrokwkowej i nakrokwkowej. Założono, że:

- » cena ciepła wynosi 60 zł/GJ (0,216 zł/kWh);
- » wzrost cen nośników energii wyniesie średnio 5,5% rocznie;
- » utrata wartości pieniądza w czasie wynosi 3%;
- » dach kryty jest dachówką ceramiczną o trwałości T = 30 lat;
- » dach kryty jest blachodachówką o trwałości T = 20 lat.

W TABELI 4 podano opis analizowanych dachów.

Optymalna wartość współczynnika przenikania ciepła U_{dachu} , przy ogrzewaniu z ciepła sieciowego lub z kotłowni gazowej (koszt ok. 60 zł/GJ) już dziś jest niższa od minimalnych wymagań prawnych stawianych w 2021 r. Przy optymalnej wartości współczynnika przenikania ciepła czas

zwrotu poniesionych nakładów jest stosunkowo duży. W zależności do sytuacji waha się od 17 do nawet 28 lat.

MATERIAŁY DO OCIEPLANIA DACHÓW SKOŚNYCH

Obecnie najczęściej stosowanym izolatorem termicznym są włókniste materiały izolacyjne pochodzenia skalnego lub szklanego. Jeśli chodzi o właściwości izolacyjności termicznej tego typu materiałów, to dostępne są wyroby budowlane o deklarowanym współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda_D = 0,030\text{--}0,044 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Rzadziej stosowane są materiały izolacyjne pochodzenia drzewnego o $\lambda_D = 0,038\text{--}0,044 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Na rynku dostępne są również coraz popularniejsze materiały z włókien celulozowych. Występują one w postaci luźnej i aplikowane są w przegrody najczęściej pneumatycznie. Wartość ich deklarowanego współczynnika przewodzenia ciepła wynosi $\lambda_D = 0,037\text{--}0,043 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

Stosowanie materiałów do izolacji dachu o wartościach wyższych niż $0,036 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ stwarza trudności konstrukcyjne. Przyszłością są rozwiązania $\lambda_D < 0,03, 0,025 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, a nawet niższe.

Efektywność ekonomiczną izolacyjności termicznej wyrobu budowlanego można łatwo określić i porównać za pomocą prostej analizy ekonomicznej:

$$E_{\text{eko},\lambda} = K_{M,T} \cdot \lambda_{\text{obl.}}$$

gdzie:

$E_{\text{eko},\lambda}$ – efektywność ekonomiczna izolacji termicznej analizowanego materiału termoizolacyjnego,

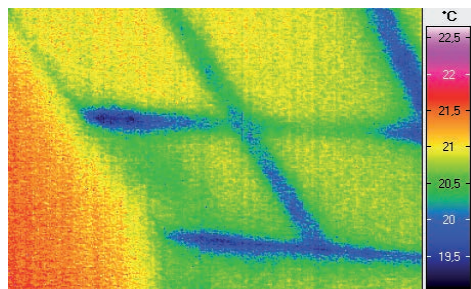
$K_{M,T}$ – koszt 1 m^3 materiału termoizolacyjnego,

$\lambda_{\text{obl.}}$ – obliczeniowy współczynnik przewodzenia ciepła.

Alternatywą dla materiałów izolacyjnych pochodzenia naturalnego są materiały wytwarzane z tworzyw sztucznych. Pierwszym z nich są natryskiwane pianki poliuretanowe. Tak jak w przypadku luźnych materiałów włóknistych, tak i w przypadku natrykiwanych pianek PUR określa się je jako materiał szczelnie izolujący. Wartość deklarowanego współczynnika przewodzenia ciepła pianek PUR to $\lambda_D = 0,024 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ przy gęstości ok. $35\text{--}60 \text{ kg/m}^3$. Pianka natryskowa wykazuje dobrą przyczepność do różnego typu powierzchni, jest materiałem trwałym i odpornym na działanie czynników zewnętrznych. Aplikowana międzykrokwowo nie likwiduje osłabień

termicznych występujących na konstrukcji dachu (FOT. 2).

Do izolowania dachów nakrokwowo służą m.in. płyty wykonane z poliuretanu (PUR) oraz poliizocyjanuratu (PIR). Rdzeniem jest pianka poliuretanowa PUR lub PIR o bardzo dobrych parametrach izolacyjnych. Okładziny wykonane są z papieru zwykłego, kompozytowego, bitumizowanego, laminatu kompozytowego lub aluminium. Płyty mają wyprofilowane krawędzie, łączone są na pióro i wpust lub na zakład. Płyty PIR i PUR mają



FOT. 2. Izolacja dachu materiałem izolacyjnym zlokalizowanym między krokwiemi; fot.: archiwa autorów

bardzo podobny skład chemiczny. Główne składniki to izocyjanian i polioliol oraz aktywatory i stabilizatory. Pianka PIR ma więcej izocyjanianu niż pianka PUR, dzięki czemu wykazuje lepsze właściwości izolacyjne. Oferowane produkty mają wartość współczynnika przewodzenia ciepła $\lambda_D = 0,021\text{--}0,023 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ oraz charakteryzują się bardzo niską nasiąkliwością. Niestety, badania przeprowadzone przez Instytut w Monachium wykazały, że płyty wykonane z pianki PUR ulegają starzeniu, co z biegiem czasu pogarsza ich właściwości termiczne. Zbadano płyty PUR spieniane pentanem gr. 4 cm i 8 cm. Płyty mające początkowo wartość współczynnika przewodzenia na poziomie odpowiednio $0,023 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ i $0,022 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ przechowywano w temperaturze pokojowej przez 15 lat. Po dwóch latach zaobserwowano wzrost wartości współczynnika przewodzenia odpowiednio do poziomu $0,025 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ i $0,026 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Należy więc zwracać szczególną uwagę na wartości deklarowane przez producenta, zwłaszcza na to, czy uwzględniają one starzenie. Jeśli nie podano wartości λ skorygowanej o starzenie materiału, należy indywidualnie dokonać korekty i wyznaczyć wartość $\lambda_{\text{obl.}}$.

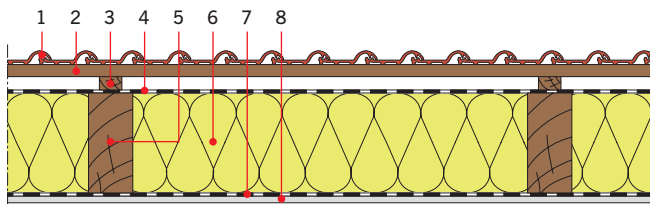
Zastosowanie izolacji nakrokwiowej eliminuje konstrukcyjne osłabienia termiczne, ponieważ dach jest równomiernie osłonięty od zewnątrz. Ponadto nie istnieje ryzyko osunięcia izolacji z przestrzeni między krokiewiami w wyniku np. błędnego montażu – izolacja nakrokwiowa zawsze pozostaje na swoim miejscu. Sam montaż jest łatwiejszy oraz szybszy i nadaje się do izolowania we wszystkich rodzajach dachów.

NAJCZĘŚCIEJ SPOTYKANE KONSTRUKCJE DACHÓW

Ze względu na lokalizację izolacji termicznej dachy skośne można podzielić na dachy z izolacją termiczną:

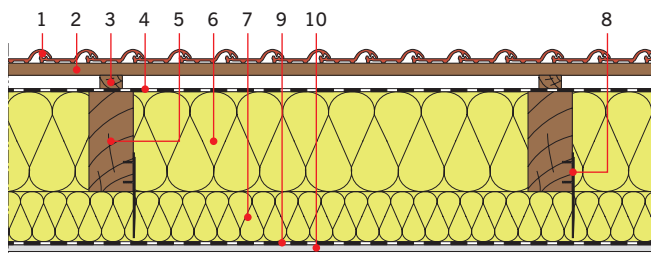
- » międzykrokwiową (RYS. 1),
- » międzykrokwiową i podkrokwiową lub rzadziej nakrokwiową (RYS. 2–3),
- » wyłącznie nakrokwiową (RYS. 4) (rzadko projektowane).

Konstrukcja dachów z izolacją międzykrokwiową związana jest z wieloletnią tradycją zagospodarowania nieużytkowej powierzchni poddasza na mieszkania. Początkowo izolację stanowiły deski mocowane do krokwi tynkowane tynkiem wapiennym na słomie. W niektórych wypadkach do izolacji termicznej poddasza stosowano korek z drzewa korkowego, płyty pilśniowe lub inne wyroby z trzciny, słomy i trocin. Aktualnie najczęściej stosuje się włókniste materiały izolacyjne szklane lub kamienne. Grubość izolacji termicznej zależy do wysokości konstrukcji, głównie krokwi dachowych. Ze względów konstrukcyjnych najczęściej używane są krokwie o przekroju $7 \times 14 \text{ cm}$, $8 \times 16 \text{ cm}$ lub $9 \times 18 \text{ cm}$. Maksymalna grubość materiału izolacyjnego międzykrokwiowego wynosi najczęściej 18 cm.



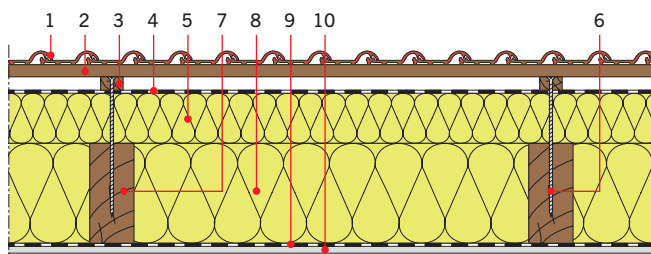
RYS. 1. Dach z izolacją międzykrokwiową; rys.: archiwa autorów

1 – dachówka ceramiczna lub inne pokrycie dachowe, 2 – łata, 3 – kontrłata, 4 – folia wiatroizolacyjna o dużej paroprzepuszczalności, 5 – krokiew, 6 – wełna mineralna między krokiewiami, 7 – folia paroizolacyjna, 8 – płyta gipsowo-kartonowa



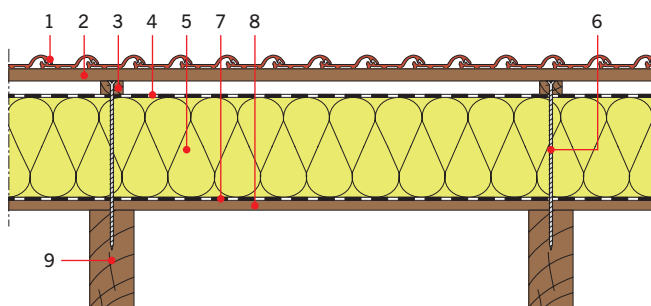
RYS. 2. Dach z izolacją międzykrokwkową oraz dodatkową warstwą izolacji pod krokiewiami; rys.: archiwa autorów

1 – dachówka ceramiczna lub inne pokrycie dachowe, **2** – łąta, **3** – kontrłata, **4** – folia wiatroizolacyjna o dużej paroprzepuszczalności, **5** – krokiew, **6** – wełna mineralna między krokiewiami, **7** – dodatkowa warstwa izolacji pod krokiewiami, **8** – łącznik mechaniczny, **9** – folia paroizolacyjna, **10** – płyta gipsowo-kartonowa



RYS. 3. Dach z izolacją międzykrokwkową oraz dodatkową warstwą izolacji nad krokiewiami; rys.: archiwa autorów

1 – dachówka ceramiczna lub inne pokrycie dachowe, **2** – łąta, **3** – kontrłata, **4** – folia wiatroizolacyjna o dużej paroprzepuszczalności, **5** – dodatkowa warstwa izolacji nad krokiewiami, **6** – łącznik mechaniczny, **7** – krokiew, **8** – wełna mineralna między krokiewiami, **9** – folia paroizolacyjna, **10** – płyta gipsowo-kartonowa



RYS. 4. Dach z izolacją nakrokwkową; rys.: archiwa autorów

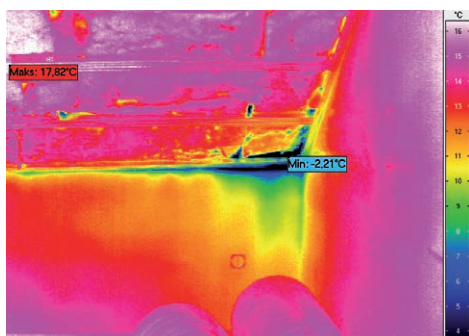
1 – dachówka ceramiczna lub inne pokrycie dachowe, **2** – łąta, **3** – kontrłata, **4** – folia wiatroizolacyjna o dużej paroprzepuszczalności, **5** – izolacja nakrokwkowa, np. płyty z piany PIR lub PUR, **6** – łącznik mechaniczny, **7** – folia paroizolacyjna, **8** – deskowanie, **9** – krokiew

Z uwagi na obowiązujące wymagania prawne określone w Rozporządzeniu Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013 r. zmieniającym rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [2], wykonanie dachu z izolacją wyłącznie między krokiewiami jest nieekonomiczne, a w niektórych przypadkach technicznie niemożliwe do realizacji. Ze względu na niejednorodność izolacyjną przegrody spełnienie warunku $U_{\text{dachu}} \leq 0,2 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ w dachu tylko z izolacją międzykrokwkową wymagałoby zastosowania materiału termoizolacyjnego gr. 27 cm, co jest bardzo niekorzystne konstrukcyjnie i ekonomicznie. Aby zmniejszyć wpływ osłabienia izolacyjności termicznej na krokiewiach, niezbędne jest zastosowanie dodatkowej warstwy izolacji pod lub nad krokiewiami. Materiały termoizolacyjne umieszczane są między- i podkrokwkowo, z wykorzystaniem przestrzeni konstrukcyjnej dachu oraz przestrzeni między płytami gipsowo-kartonowymi a dolną płaszczyzną konstrukcji dachu (RYS. 2). Rozwiązania tego typu są obecnie najczęściej stosowane.

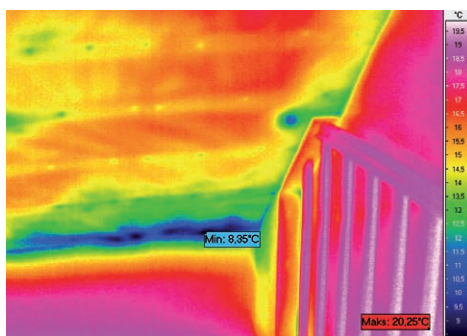
TRUDNOŚCI WYKONAWCZE

Prawidłowe wykonanie izolacji termicznej dachu skośnego nie jest zadaniem prostym, zwłaszcza na połączeniach foli wiatro- i paroizolacyjnych oraz w pobliżu krokwi i konstrukcji murowych. Stosowanie włóknistych materiałów termoizolacyjnych do izolacji więźb dachowych wymaga więc dużej staranności wykonawczej. Zlekceważenie zagadnienia skutkuje znacznym, trudnym do oszacowania pogorszeniem izolacyjności termicznej dachu. Z doświadczeń autorów wynika, że błędy wykonawcze spowodowane utrudnieniami niewynikającymi z technologii wznoszenia mogą pogorszyć izolacyjność termiczną dachu nawet o 30%, nie mówiąc o wpływie szczelności na jakość energetyczną budynku.

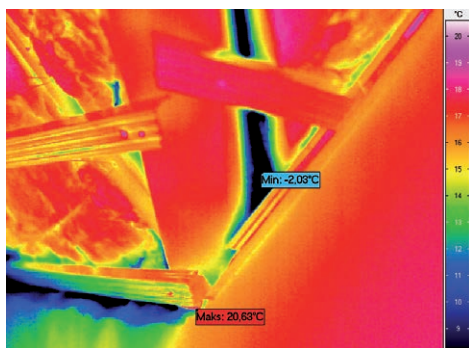
Na podstawie doświadczeń inżynierskich zarejestrowano wiele częstych wad wykonawczych. Szczegóły zarejestrowanych wad zamieszczono na termogramach (FOT. 3–8).



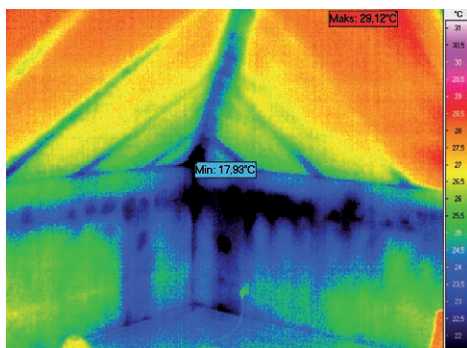
FOT. 3. Rozkład termiczny wadliwie wykonanej izolacji dachu za pomocą włóknistych materiałów termoizolacyjnych. Obraz zarejestrowany po zdjęciu płyt gipsowo-kartonowych; fot.: archiwa autorów



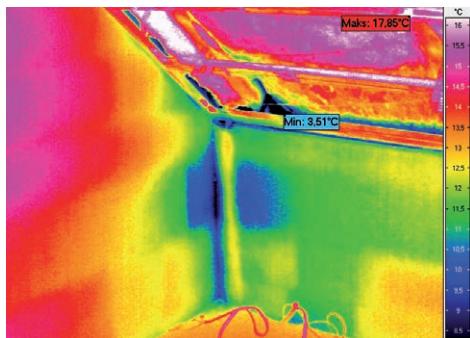
FOT. 4. Rozkład termiczny wadliwie wykonanej izolacji dachu za pomocą włóknistych materiałów termoizolacyjnych. Obraz zarejestrowany przed zdjęciem płyt gipsowo-kartonowych; fot.: archiwa autorów



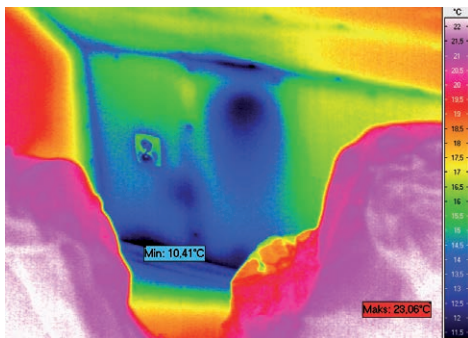
FOT. 5. Widok wadliwie wykonanej izolacji na styku z krokwi koszowej bez płyty gipsowo-kartonowej. Temperatura minimalna od wewnętrznej strony izolacji wynosi $-2,03^{\circ}\text{C}$; fot.: archiwa autorów



FOT. 6. Rozkład termiczny potłaci dachu izolowanego za pomocą włóknistych materiałów termoizolacyjnych, zobrazowanie termiczne w okolicach krokwi koszowej po założeniu płyt gipsowo-kartonowych; fot.: archiwa autorów



FOT. 7. Rozkład termiczny izolacji termicznej dachu w okolicach ścianki kolankowej bez płyt gipsowo-kartonowych; fot.: archiwa autorów



FOT. 8. Rozkład termiczny izolacji termicznej dachu w okolicach ścianki kolankowej z płytami gipsowo-kartonowymi; fot.: archiwa autorów

LITERATURA

1. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (DzUrz L. 153 z 18.06.2010, s. 13–35).
2. Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU z 2013 r., poz. 926).

ALEKSANDRA PIENIAŻEK ukończyła Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej.

JOANNA SZELAĞ ukończyła Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej.

JERZY ŻURAWSKI ukończył Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej, specjalność konstrukcje. Jest współzałożycielem Dolnośląskiej Agencji Energii i Środowiska, zajmującej się zagadnieniami związanymi z szeroko pojętą energooszczędnością budynków. Współtworzy programy komputerowe wspomagające obliczenia cieplne budynków. Jest organizatorem szkoleń, konferencji, konsultuje i wykonuje projekty domów energooszczędnych. Związany jest z uczelniami technicznymi jako wykładowca zagadnień dotyczących fizyki cieplnej budowli.



SERIA „B”

Popularna seria tworzona przez tych, którzy o budownictwie wiedzą najwięcej



TV-IZOLACJE

Relacje z wydarzeń branżowych, wywiady, filmy instruktażowe



CZASOPISMO PUNKTOWANE

6 pkt.



KONFERENCJA IZOLACJE

Jedyna tego typu platforma wymiany wiedzy i doświadczeń dla specjalistów z branży



IZOLACJE

budownictwo | przemysł | ekologia



NEWSLETTER

Najbardziej aktualne informacje w skrzynce e-mailowej

- Unikalne treści
- Bogata i rzetelnie opracowana zawartość
- Autorzy – reprezentanci środowisk naukowych i wybitni specjaliści w branży
- Czasopismo punktowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego



E-BOOK

Praktyczne poradniki w postaci książek elektronicznych



WYDANIA SPECJALNE

Wydania tematyczne – bezpłatne dla prenumeratorów

IZOLACJE.COM.PL

Dostęp do wartościowych i wiarygodnych treści w każdym miejscu i czasie, możliwość komentowania i współtworzenia informacji



DR INŻ. KRZYSZTOF PAWŁOWSKI

PROJEKTOWANIE PODŁÓG W ŚWIEŁLE NOWYCH WYMAGAŃ CIEPLNYCH

65

Projektowanie podłóg na gruncie, stropach międzykondygnacyjnych, nad pomieszczeniami nieogrzewanymi oraz stropach kondygnacji podziemnych powinno nie tylko zapewnić spełnienie wymagań konstrukcyjnych i akustycznych, lecz także cieplno-wilgotnościowych.

W Rozporządzeniu Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013 r. zmieniającym rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (WT 2013) [1], sformułowano nowe, niższe niż dotychczas obowiązujące, wartości graniczne współczynnika przenikania ciepła $U_{C(maks.)}$ [$W/(m^2 \cdot K)$]. W **TABELI 1** przedstawiono wartości w odniesieniu do podłóg na gruncie, stropów nad pomieszczeniami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podłogowymi, nad ogrzewanymi kondygnacjami podziemnymi oraz stropów międzykondygnacyjnych.

Dopuszcza się większe wartości współczynnika U niż $U_{C(maks.)}$ określone w **TABELI 1** w odniesieniu do budynków produkcyjnych, magazynowych i gospodarczych, jeśli jest to uzasadnione rachunkiem efektywności ekonomicznej inwestycji, obejmującym koszt budowy i eksploatacji budynku. Ponadto w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego, użyteczności publicznej, produkcyjnych, magazynowych i gospodarczych podłoga na gruncie w pomieszczeniu ogrzewanym powinna mieć izolację cieplną obwodową z materiału izolacyjnego w postaci warstwy o oporze cieplnym co najmniej $2,0 (m^2 \cdot K)/W$, obliczoną zgodnie z normami PN-EN ISO 6946:2008 [2], PN-EN ISO 13370:2008 [3].

OCHRONA WILGOTNOŚCIOWA

Sprawdzenie warunku ochrony wilgotnościowej – ryzyka występowania kondensacji na wewnętrznej powierzchni przegrody oraz kondensacji międzywarstwowej – wynika z § 321.1. Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. zmieniającego rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [4], oraz z zapisów WT 2013 [1]:

„Na wewnętrznej powierzchni nieprzezroczystej przegrody zewnętrznej nie może występować kondensacja pary wodnej umożliwiającą rozwój grzybów pleśniowych.

Rodzaj przegrody i temperatura w pomieszczeniu		Współczynnik przenikania ciepła $U_{C(maks.)}$ [W/(m ² ·K)]		
		od 1.01.2014 r.	od 1.01.2017 r.	od 1.01.2021 r.*)
Dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	$t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,20	0,18	0,15
	$8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$	0,30	0,30	0,30
	$t_i < 8^\circ\text{C}$	0,70	0,70	0,70
Podłogi na gruncie	$t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,30	0,30	0,30
	$8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$	1,20	1,20	1,20
	$t_i < 8^\circ\text{C}$	1,50	1,50	1,50
Stropy nad pomieszczeniami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podłogowymi	$t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,25	0,25	0,25
	$8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$	0,30	0,30	0,30
	$t_i < 8^\circ\text{C}$	1,00	1,00	1,00
Stropy nad ogrzewanymi kondygnacjami podziemnymi i stropy międzykondygnacyjne	$\Delta t_i \geq 8^\circ\text{C}$	1,00	1,00	1,00
	$\Delta t_i < 8^\circ\text{C}$	bez wymagań	bez wymagań	bez wymagań
	oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego	0,25	0,25	0,25

TABELA 1. Wartości maksymalne współczynnika przenikania ciepła $U_{C(maks.)}$ [W/(m²·K)] w odniesieniu do podłóg na gruncie, stropów nad pomieszczeniami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podłogowymi, nad ogrzewanymi kondygnacjami podziemnymi oraz stropów międzykondygnacyjnych [1]

t_i – temperatura obliczeniowa ogrzewanego pomieszczenia,

*) Od 1.01.2019 r. w przypadku budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będących ich własnością.

2. We wnętrzu przegrody, o której mowa w ust. 1, nie może występować narastające w kolejnych latach zawilgocenie spowodowane kondensacją pary wodnej.

3. Warunki określone w ust. 1 i 2 uważa się za spełnione, jeśli przegrody odpowiadają wymaganiom określonym w pkt 2.2. załącznika nr 2 do rozporządzenia” [1].

Warunki spełnienia wymagań dotyczących powierzchniowej kondensacji pary wodnej przedstawiono w załączniku do WT 2013 [1]:

„2.2.1. W celu zachowania warunku, o którym mowa w § 321 ust. 1. rozporządzenia, w odniesieniu do przegród zewnętrznych budynków mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego, użyteczności publicznej i produkcyjnych, magazynowych i gospodarczych rozwiązania przegród zewnętrznych i ich węzłów konstrukcyjnych powinny charakteryzować się współczynnikiem temperaturowym f_{Rsi} o wartości nie mniejszej niż wymagana wartość krytyczna, obliczona zgodnie z polską normą dotyczącą obliczania temperatury powierzchni wewnętrznej koniecznej do uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacji międzywarstwowej.

2.2.2. Wymaganą wartość krytyczną współczynnika temperaturowego f_{Rsi} w pomieszczeniach ogrzewanych do temperatury co najmniej 20°C w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbioro-

wego i użyteczności publicznej należy określać według rozdziału 5 polskiej normy, o której mowa w pkt 2.2.1., przy założeniu, że średnia miesięczna wartość wilgotności względnej powietrza wewnętrznego jest równa $\phi = 50\%$, przy czym dopuszcza się przyjmowanie wymaganej wartości tego współczynnika równej 0,72.

2.2.3. Wartość współczynnika temperaturowego charakteryzującego zastosowane rozwiązanie konstrukcyjno-materiałowe należy obliczać:

- 1) dla przegrody – według polskiej normy (PN-EN ISO 13788:2003 [5]);
- 2) dla mostków cieplnych przy zastosowaniu przestrzennego modelu przegrody – według Polskiej Normy dotyczącej obliczania strumieni cieplnych i temperatury powierzchni (PN-EN ISO 10211:2008 [6]).

2.2.4. Sprawdzenie warunku, o którym mowa w § 321 ust. 1 i 2 rozporządzenia, należy przeprowadzić według rozdziału 5 i 6 polskiej normy (PN-EN ISO 13788:2003 [5]).

2.2.5. Dopuszcza się kondensację pary wodnej, o której mowa w § 321 ust. 2 rozporządzenia, wewnątrz przegrody w okresie zimowym, o ile struktura przegrody umożliwi wyparowanie kondensatu w okresie letnim i nie nastąpi przy tym degradacja materiałów budowlanych przegrody na skutek tej kondensacji”.

STRATY CIEPŁA PRZEZ PRZEGRODY STYKAJĄCE SIĘ Z GRUNTEM

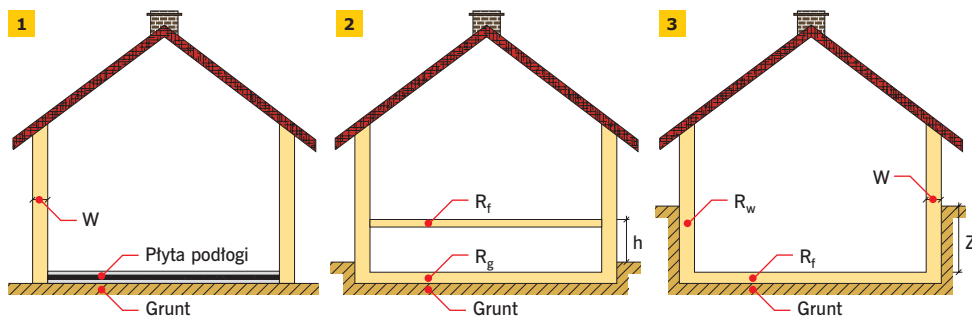
Określanie strat ciepła przez przenikanie w odniesieniu do przegród stykających się z gruntem jest jednym z trudniejszych do obliczenia. Strumienie ciepłe wypływające z ogrzewanego wnętrza mają udział w kształtowaniu rozkładu temperatur w gruncie pod budynkiem i w jego otoczeniu, a zmiany temperatury dotyczą znacznego obszaru. Na jego granicach pojawiają się płaszczyzny adiabatyczne świadczące o ustaniu przepływów ciepła w kierunkach prostopadłych do ich przebiegu [7].

Uzyskanie dokładnych wyników jest możliwe tylko w warunkach numerycznych symulacji przestrzennych, przy wydzielonych pionowymi płaszczyznami adiabatycznymi fragmentach budynku z gruntem, składających się w strukturę całościową [7]. Szczegółową analizę numeryczną złącza przegród stykających się z gruntem przedstawiono w pracach „Analiza parametrów fizycznych przegród budowlanych stykających się z gruntem” [8] i „Kształtowanie przegród stykających się z gruntem w aspekcie cieplno-wilgotnościowym” [9].

Metody przybliżone opierają się na zbliżonych i numerycznych procedurach obliczeniowych według norm PN-EN ISO 13370:2008 [3], PN-EN 12831:2006 [10] oraz Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej [11]. W obliczeniach wykorzystuje się opracowane algorytmy z wzorami empirycznymi, co pozwala uniknąć skomplikowanych symulacji numerycznych.

W normie PN-EN ISO 13370:2008 [3] przedstawiono procedury obliczeniowe stosowane w odniesieniu do następujących przypadków (RYS. 1–3):

- » podłogi typu płyta na gruncie,
- » podłogi podniesionej,
- » budynku z podziemiem ogrzewanym.



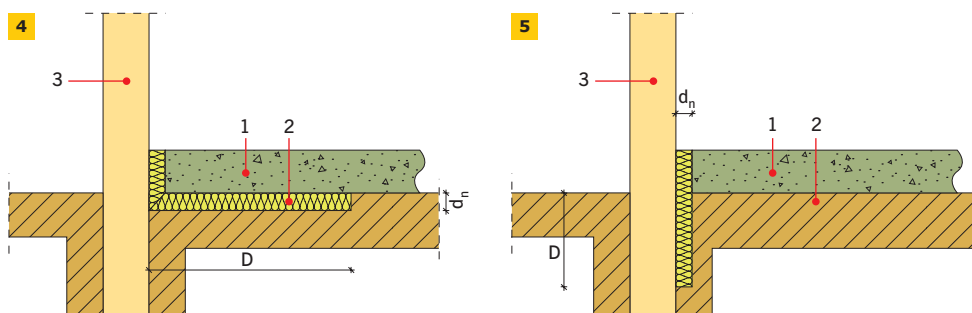
RYS. 1–3. Schematy podłóg analizowane w normie PN-EN ISO 13370:2008 [3]. Podłoga typu płyta na gruncie (1), podłoga podniesiona (2), budynek z podziemiem ogrzewanym (3); rys.: PN-EN ISO 13370:2008 [3]

w – grubość ścian zewnętrznych, R_f – opór cieplny podłogi, R_g – opór efektywny cieplny gruntu, R_w – opór cieplny ścian podziemia, łącznie z wszystkimi warstwami, z – głębokość podłogi podziemia poniżej poziomu gruntu, h – wysokość powierzchni podłogi powyżej zewnętrznego poziomu gruntu

Izolacja krawędziowa (RYS. 4–5) może być umieszczona poziomo, pionowo lub występować jako fundament o małej gęstości. Warto też zwrócić uwagę na rozbieżności w nazewnictwie izolacji cieplnej występującej w złączu przegród stykających się z gruntem. Izolacja termiczna na ścianach fundamentowych w budynkach niepodpiwniczonych, nazywana w rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych [1, 4] izolacją obwodową, w normach określana jest jako:

- » izolacja krawędziowa (według normy PN-EN ISO 13370:2008 [3]) – obliczeniowo włączana do wartości współczynnika przenikania ciepła podłogi;
- » izolacja boczna (według normy PN-EN 12831:2006 [10]) – nieuwzględniana w wartości współczynnika przenikania ciepła podłogi.

Efekt izolacji krawędziowej traktowany jest jak liniowy współczynnik przenikania ciepła $\Psi_{g,e}$ [W/(m·K)]. Jeżeli złącze przegród stykających się z gruntem ma więcej niż jedną część izolacji krawędziowej (pionowej lub poziomej, wewnętrznej lub zewnętrznej), w dalszych obliczeniach należy uwzględnić tę, która daje większą redukcję strat ciepła.



RYS. 4–5. Schematy izolacji krawędziowej według normy PN-EN ISO 13370:2008 [3]: pozioma izolacja krawędziowa (4), pionowa izolacja krawędziowa (5); rys.: PN-EN ISO 13370:2008 [3]

1 – płyta podłogi, 2 – pozioma izolacja krawędziowa, 3 – ściana fundamentu, d_n – grubość izolacji krawędziowej (lub fundamentu), D – szerokość poziomej izolacji krawędziowej (4), D – głębokość pionowej izolacji krawędziowej (lub fundamentu) poniżej poziomu gruntu (5)

STRATY CIEPŁA PRZEZ STROPY NAD POMIESZCZENIAMI NIEOGRZEWANYMI I PRZEJAZDAMI

Stropy są przegrodami dzielącymi poszczególne kondygnacje budynku. Składają się z konstrukcji nośnej, podłogi i sufitu. W zależności od przeznaczenia funkcjonalnego można je podzielić na:

- » stropy międzykondygnacyjne (międzypiętrowe),
- » stropy nad przestrzeniami nieogrzewanymi,
- » stropy nad przejazdami.

Jeżeli stropy oddzielają pomieszczenia ogrzewane od nieogrzewanych (strop nad pomieszczeniem nieogrzewanym) lub od powietrza zewnętrznego (strop nad przejazdami), muszą zapewniać odpowiednią izolacyjność cieplną, czyli spełniać wymagania rozporządzenia WT 2013 [1] (**TABELA 1**). Dobór izolacji cieplnej do stropów międzykondygnacyjnych (oddzielających pomieszczenia o tych samych temperaturach) jest drugorzędny. Szczególnych obliczeń w zakresie grubości izolacji cieplnej wymagają natomiast m.in. stropy nad piwnicami, garażami i przejazdami, tak aby spełniona została zależność:

$$U_C \leq U_{C(\text{maks.})}$$

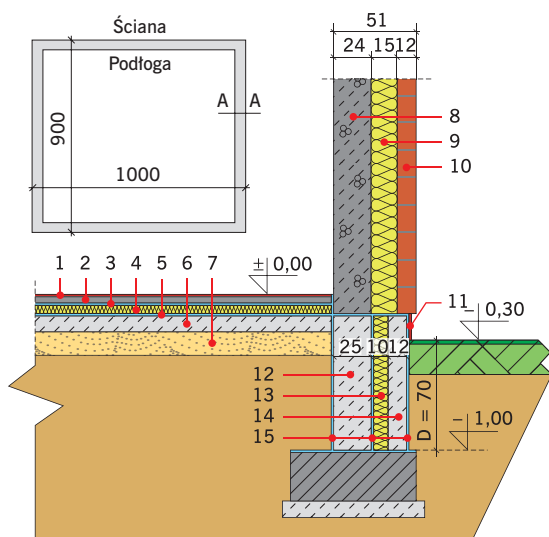
gdzie:

U_c – współczynnik przenikania ciepła $[W/(m^2 \cdot K)]$, obliczany zgodnie z procedurą normy PN-EN ISO 6946:2008 [2].

$U_{C(\text{maks.})}$ – maksymalna (graniczna) wartość współczynnika przenikania ciepła [W/(m²·K)], określona w rozporządzeniu WT 2013 [1] (TABELA 1).

PRZYKŁAD OBLICZENIOWY 1

Obliczono wartości parametrów ciepno-wilgotnościowych przegród stykających się z gruntem (RYS. 6):



RYS. 6. Geometria przegrody stykającej się z gruntem; rys.: archiwum autora

- 1 – panele podłogowe gr. 1,5 cm,
2 – posadzka betonowa gr. 5 cm,
3 – folia budowlana, 4 – styropian
gr. 10 cm, 5 – folia budowlana,
6 – beton podkładowy gr. 10 cm,
7 – posypka piaskowa gr. 15 cm,
8 – beton komórkowy gr. 24 cm,
9 – styropian gr. 15 cm, 10 – cegła
klinkierowa gr. 12 cm, 11 – płytki
klinkierowe, 12 – bloczek betonowy
gr. 25 cm, 13 – polistyren
ekstrudowany gr. 10 cm, 14 – bloczek
betonowy gr. 12 cm, 15 – izolacja
przeciwwilgociowa (folia kubełkowa)

- » współczynnika przenikania ciepła U [$W/(m^2 \cdot K)$] podłogi na gruncie, zgodnie z normą PN-EN ISO 13370:2008 [3],
 - » liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ [$W/(m \cdot K)$] w odniesieniu do złącza przegród stykających się z gruntem, za pomocą programu komputerowego,
 - » czynnika temperaturowego f_{Rsi} [-] w miejscu mostka cieplnego.
- Do obliczeń przyjęto następujące założenia:
- » budynek jednorodzinny o rzucie ścian parteru przedstawionym na **RYS. 6**,
 - » płyta podłogowa izolowana styropianem gr. 10 cm ($\lambda = 0,04 W/(m \cdot K)$),
 - » ściana zewnętrzna parteru trójwarstwowa: beton komórkowy gr. 24 cm, styropian gr. 15 cm, cegła klinkierowa gr. 12 cm,
 - » izolacja krawędziowa pionowa z polistyrenu ekstrudowanego gr. $d = 10$ cm ($\lambda = 0,035 W/(m \cdot K)$),
 - » budynek posadowiony na podłożu z piasku zwykłego.

Określenie wymiaru charakterystycznego podłogi na gruncie

Pierwszym krokiem obliczeniowym jest określenie wymiaru charakterystycznego podłogi na gruncie – B' . Parametr ten umożliwia uwzględnienie trójwymiarowej natury strumienia ciepła w obrębie gruntu. Określa się go według wzoru:

$$B' = \frac{A}{0,5 \cdot P}$$

gdzie:

A – pole powierzchni podłogi [m^2],

P – obwód podłogi [m].

W analizowanym przykładzie $A = 9 \times 10 = 90 m^2$, $P = 2 \times 10 + 2 \times 9 = 38 m \rightarrow$

$$\rightarrow B' = \frac{A}{0,5 \cdot P} = \frac{90}{0,5 \cdot 38} = 4,74 m$$

Określenie grubości ekwiwalentnej

Parametr grubości ekwiwalentnej wprowadzono, aby uprościć wyrażenia współczynnika przenikania ciepła. Oblicza się go ze wzoru:

$$d_t = w + \lambda \cdot (R_{si} + R_f + R_{se})$$

gdzie:

w – całkowita grubość ścian, łącznie ze wszystkimi warstwami [m];

λ – współczynnik przewodzenia ciepła gruntu według tablicy 1 normy PN-EN ISO 13370:2008 [3] [$W/(m \cdot K)$];

R_f – opór cieplny płyty podłogi, łącznie z każdą warstwą izolacyjną na całej powierzchni powyżej lub poniżej płyty podłogi i każdym pokryciem podłogi [$(m^2 \cdot K)/W$]; opór cieplny płyt z ciężkiego betonu i cienkich pokryć podłogi można pominąć; zakłada się, że chudy beton poniżej płyty ma taką samą wartość współczynnika przewodzenia ciepła jak grunt i zaleca się jego pominięcie;

R_{si} – opór przejmowania ciepła na wewnętrznej powierzchni przegrody według tabeli 1 normy PN-EN ISO 6946:2008 [2]; $R_{si} = 0,17 (m^2 \cdot K)/W$ – kierunek przepływu ciepła w dół;

R_{se} – opór przejmowania ciepła na zewnętrznej powierzchni przegrody według tabeli 1 normy PN-EN ISO 6946:2008 [2]; $R_{si} = 0 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$.

Układ warstw podłogi na gruncie (RYS. 6) to:

- » panele podłogowe gr. 1,5 cm ($\lambda = 0,18 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$),
- » posadzka betonowa gr. 5 cm ($\lambda = 1,0 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$),
- » folia budowlana,
- » styropian gr. 10 cm ($\lambda = 0,04 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$),
- » folia budowlana,
- » beton podkładowy gr. 10 cm,
- » ubity grunt (podsypka piaskowa) gr. 15 cm.

Grubość ściany wynosi $w = 0,51 \text{ m}$, a wartość współczynnika przewodzenia ciepła gruntu z piasku zwykłego – $\lambda = 2,0 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ (według normy PN-EN ISO 13370:2008 [3]). Do obliczeń oporu cieplnego R_f uwzględniono parametry desek drewnianych i styropianu:

$$R_i = \frac{d_i}{\lambda_i} \rightarrow R_f = \frac{0,015}{0,18} + \frac{0,10}{0,04} = 2,58 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

Grubość ekwiwalentna podłogi wynosi zatem:

$$d_t = w + \lambda \cdot (R_{si} + R_f + R_{se}) = 0,51 + 2 \cdot (0,17 + 2,58 + 0) = 6,01 \text{ m}$$

Określenie wartości współczynnika przenikania ciepła

W zależności od izolacji cieplnej podłogi, należy stosować odpowiedni wzór do obliczeń wartości współczynnika przenikania ciepła U :

- » jeżeli $d_t < B'$ (podłogi nieizolowane lub podłogi średnio izolowane), to:

$$U = \frac{2\lambda}{\pi \cdot B' + d_t} \ln \left(\frac{\pi \cdot B'}{d_t} + 1 \right) [\text{W/(m}^2 \cdot \text{K)}]$$

- » jeżeli $d_t \geq B'$ (podłogi dobrze izolowane), to:

$$U = \frac{\lambda}{0,457 \cdot B' + d_t} [\text{W/(m}^2 \cdot \text{K)}]$$

W analizowanym przykładzie $d_t = 6,01 \text{ m}$; $B' = 4,74 \text{ m} \rightarrow d_t > B'$ podłoga dobrze izolowana. Wartość współczynnika przenikania ciepła $U \rightarrow$

$$\rightarrow U = \frac{\lambda}{0,457 \cdot B' + d_t} = \frac{2,00}{0,457 \cdot 4,74 + 6,01} = 0,24 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

Uwzględnienie wpływu izolacji krawędziowej

Izolacja krawędziowa (RYS. 4–5) może być pozioma, pionowa lub jako fundament o małej gęstości.

W przykładzie obliczeniowym występuje pionowa izolacja krawędziowa gr. 10 cm z polistyrenu ekstrudowanego o wartości współczynnika przewodzenia ciepła $\lambda = 0,035 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

Dodatkową grubość ekwiwalentną wynikającą z izolacji krawędziowej d' oblicza się ze wzoru:

$$d' = R' \cdot \lambda$$

gdzie:

R' – dodatkowy opór cieplny wprowadzony przez izolację krawędziową (lub fundament); parametr ten można zastąpić różnicą między oporem cieplnym izolacji krawędziowej i oporem cieplnym podłoża (lub płyty):

$$R' = R_n - \frac{d_n}{\lambda}$$

gdzie:

R_n – opór cieplny poziomej lub pionowej izolacji krawędziowej (lub fundamentu) $[(\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}]$,

d_n – grubość izolacji krawędziowej (lub fundamentu) [m].

$$R_n = \frac{d_n}{\lambda_n} = (\text{opór cieplny polistyrenu ekstrudowanego gr. 10 cm}) = \frac{0,10}{0,035} = 2,86 (\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}$$

$$R' = R_n - \frac{d_n}{\lambda} = 2,86 - \frac{0,10}{2,00} = 2,81 (\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}$$

$$d' = R' \cdot \lambda = 2,81 \cdot 2,00 = 5,62 \text{ m}$$

Uwzględnienie izolacji krawędziowej (poniżej gruntu wzdłuż obwodu podłogi) następuje według wzoru:

$$\Psi_{g,e} = -\frac{\lambda}{\pi} \left[\ln \left(\frac{2D}{d_t} + 1 \right) - \ln \left(\frac{2D}{d_t + d'} + 1 \right) \right] [\text{W/m}\cdot\text{K}]$$

gdzie:

D – szerokość pionowej izolacji krawędziowej (lub fundamentu) poniżej poziomu gruntu [m],

d' – dodatkowa grubość ekwiwalentna [m].

Po podstawieniu do wzoru wartości: $D = 0,7 \text{ m}$; $d' = 5,62 \text{ m}$; $d_t = 3,51 \text{ m}$; $\lambda = 2,0 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, otrzymano równanie:

$$\begin{aligned} \Psi_{g,e} &= -\frac{\lambda}{\pi} \left[\ln \left(\frac{2D}{d_t} + 1 \right) - \ln \left(\frac{2D}{d_t + d'} + 1 \right) \right] = \\ &= -\frac{2,00}{3,14} \left[\ln \left(\frac{2 \cdot 0,7}{6,02} + 1 \right) - \ln \left(\frac{2 \cdot 0,7}{6,02 + 5,62} + 1 \right) \right] = -0,06 [\text{W/m}\cdot\text{K}] \end{aligned}$$

Uwzględnienie izolacji krawędziowej do obliczeń współczynnika przenikania ciepła U następuje według wzoru:

$$U = U + \frac{2 \cdot \Psi_{g,c}}{B'} [W/(m^2 \cdot K)]$$

A zatem:

$$U = 0,24 + \frac{2 \cdot (-0,06)}{4,74} = 0,21 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$$

73

Analizowana przegroda spełnia wymagania WT 2013 [1] w zakresie wartości współczynnika przenikania ciepła $U < U_{C(maks.)} = 0,3 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$ oraz oporu cieplnego izolacji cieplnej $R = 2,86 (m^2 \cdot K)/W > R_{min.} = 2,0 (m^2 \cdot K)/W$.

Charakterystyka parametrów cieplno-wilgotnościowych

Poniżej przedstawiono charakterystykę parametrów cieplno-wilgotnościowych przegród stykających się z gruntem. Obliczenia przeprowadzono zgodnie z procedurami przedstawionymi w normie PN-EN ISO 10211:2008 [6], opisanymi szczegółowo m.in. w pracach „Analiza parametrów fizycznych przegród budowlanych stykających się z gruntem” [8] oraz „Kształtowanie przegród stykających się z gruntem w aspekcie cieplno-wilgotnościowym” [9].

Analiza numeryczna za pomocą programu komputerowego polega na określeniu strat ciepła przez złącze oraz rozkładu temperatur (RYS. 7–9).

W **TABELACH 2–3** zestawiono wyniki obliczeń parametrów cieplno-wilgotnościowych złącza przegród stykających się z gruntem (w odniesieniu do trzech grubości izolacji cieplnej ściany zewnętrznej: 10 cm, 12 cm, 15 cm), przeprowadzonych z zastosowaniem programu komputerowego.

Na podstawie wartości czynnika temperaturowego f_{Rsi} można stwierdzić, że w analizowanym złączu nie występuje ryzyko rozwoju pleśni. Zachowany jest warunek uniknięcia kondensacji na wewnętrznej powierzchni przegrody (ryzyka rozwoju grzybów pleśniowych) $f_{Rsi} \geq f_{Rsi(kryt.)}$. Wartość graniczna (krytyczna) czynnika temperaturowego dla analizowanego złącza z uwzględnieniem parametrów powietrza wewnętrznego i zewnętrznego wynosi $f_{Rsi(kryt.)} = 0,778$.

PRZYKŁAD OBLICZENIOWY 2

Obliczono wartość współczynnika przenikania ciepła U stropu nad przejazdem lub pomieszczeniem nieogrzewanym.

Do analizy wytypowano trzy podstawowe rozwiązania konstrukcyjno-materiałowe powszechnie stosowane w praktyce inżynierskiej:

- » strop nad pomieszczeniem nieogrzewanym (np. garażem), ocieplony od strony pomieszczenia ogrzewanego – wariant I (RYS. 10, TABELA 4),
- » strop nad pomieszczeniem nieogrzewanym (np. garażem) ocieplony od strony pomieszczenia ogrzewanego (10 cm) oraz pomieszczenia nieogrzewanego (10 cm) – wariant II (RYS. 11, TABELA 5),
- » strop nad przejazdem ocieplony dwustronnie (10 cm + 15 cm) – wariant III (RYS. 12, TABELA 6).

Na podstawie danych zamieszczonych w **TABELACH 4–6** można obliczyć wartość współczynnika przenikania ciepła U_C analizowanych wariantów:

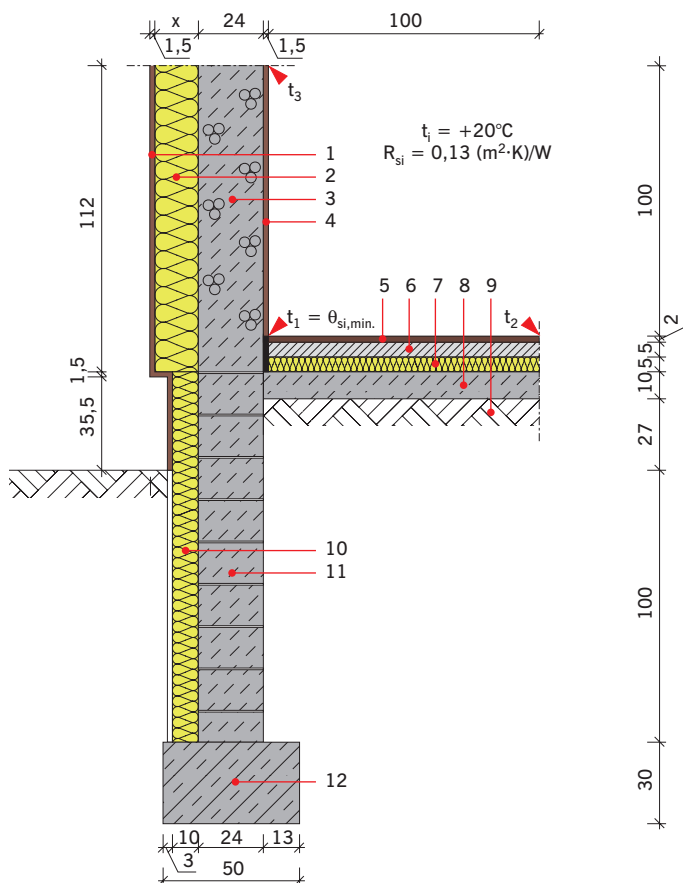
7

$$t_e = -20^\circ\text{C}$$

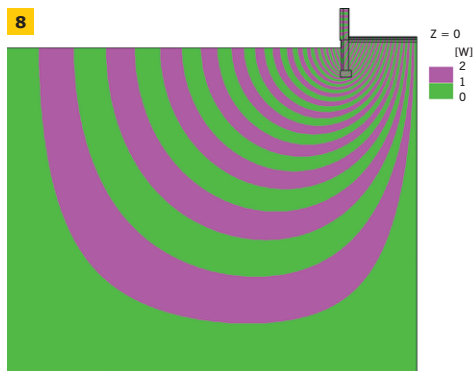
$$R_{se} = 0,04 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$$

$$t_i = +20^\circ\text{C}$$

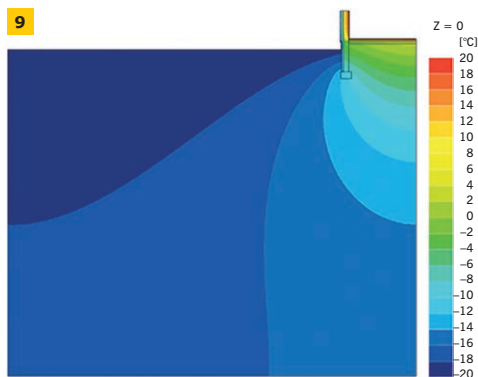
$$R_{si} = 0,13 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$$



8



9



RYS. 7–9. Wyniki symulacji komputerowej złącza przegród stykających się z gruntem: model obliczeniowy (7), linie strumieni ciepłych – adiabaty (8), rozkład temperatur – izotermy; rys.: archiwum autora

1 – tynk cementowo wapienny gr. 1,5 cm, **2** – płyty styropianowe gr. x (10 cm, 12 cm, 15 cm), **3** – bloczki z betonu komórkowego gr. 24 cm, **4** – tynk gipsowy gr. 1,5 cm, **5** – parkiet drewniany gr. 2 cm, **6** – gładź cementowa gr. 5 cm, **7** – płyty styropianowe gr. 5 cm (z górną powłoką z folii PF i dolną powłoką z papy na lepiku), **8** – płyta betonowa gr. 10 cm, **9** – grunt, **10** – płyty styropianowe gr. 10 cm zabezpieczone folią kubekową, **11** – bloczki betonowe gr. 24 cm, **12** – ława fundamentowa

Układ warstw wężła	Grubość d [m]	Współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(m·K)]
Tynk cementowo-wapienny	0,015	1,00
Płyty styropianowe	x	0,04
Błoczek z betonu komórkowego	0,24	0,21
Tynk gipsowy	0,015	0,40
Parkiet drewniany	0,02	0,16
Gładź cementowa	0,05	1,00
Płyty styropianowe	0,05	0,04
Płyta betonowa	0,10	1,65
Grunt	–	2,00
Płyty styropianowe	0,10	0,04
Błoczek betonowy	0,24	1,65
Ława fundamentowa	0,30	2,5

TABELA 2. Parametry warstw wężła

x – $d_2 = 0,10$ m, $d_2 = 0,12$ m, $d_2 = 0,15$ m.

Parametr		Wartość przy gr.		
		$d_2 = 0,10$ m	$d_2 = 0,12$ m	$d_2 = 0,15$ m
Parametry cieplne wężła	U_s [W/(m ² ·K)]	0,259	0,229	0,195
	U_g [W/(m ² ·K)]	0,280	0,280	0,279
	$\Psi_{i,s}$ [W/(m·K)]	0,066	0,083	0,103
	Ψ_g [W/(m·K)]	0,841	0,839	0,837
	Ψ_i [W/(m·K)]	0,907	0,921	0,939
	$\Psi_{e,s}$ [W/(m·K)]	0,034	0,055	0,079
	Ψ_e [W/(m·K)]	0,875	0,894	0,916
Ocena ryzyka kondensacji powierzchniowej (temp. charakterystyczne przy $t_e = -20^\circ\text{C}$, $t_i = 20^\circ\text{C}$)	t_1 [°C]	14,05	14,20	14,34
	t_2 [°C]	17,48	17,48	17,48
	t_3 [°C]	17,49	17,77	18,09
Ocena ryzyka rozwoju pleśni według normy PN-EN ISO 13788:2003 [5]	$\theta_{si,min.}$ [°C]	14,05	14,20	14,34
	f_{Rsi} [-]	0,851	0,855	0,859

TABELA 3. Parametry cieplno-wilgotnościowe złącza przegród stykających się z gruntem

U_s – współczynnik przenikania ciepła ściany zewnętrznej [W/(m²·K)],
 U_g – współczynnik przenikania ciepła podłogi na gruncie [W/(m²·K)],
 $\Psi_{i,s}$ – liniowy współczynnik przenikania ciepła według wymiarów wewnętrznych części ściany zewnętrznej [W/(m·K)],
 Ψ_g – liniowy współczynnik przenikania ciepła części podłogi na gruncie [W/(m·K)],
 Ψ_i – liniowy współczynnik przenikania ciepła według wymiarów wewnętrznych w odniesieniu do całego złącza [W/(m·K)],
 $\Psi_{e,s}$ – liniowy współczynnik przenikania ciepła według wymiarów zewnętrznych części ściany zewnętrznej [W/(m·K)],
 Ψ_e – liniowy współczynnik przenikania ciepła według wymiarów zewnętrznych w odniesieniu do całego złącza [W/(m·K)],
 t_1, t_2, t_3 – temperatura na wewnętrznej powierzchni złącza w miejscach charakterystycznych [°C],
 $\theta_{si,min.}$ – temp. min. na wewnętrznej powierzchni złącza [°C],
 f_{Rsi} – czynnik temperaturowy [-].

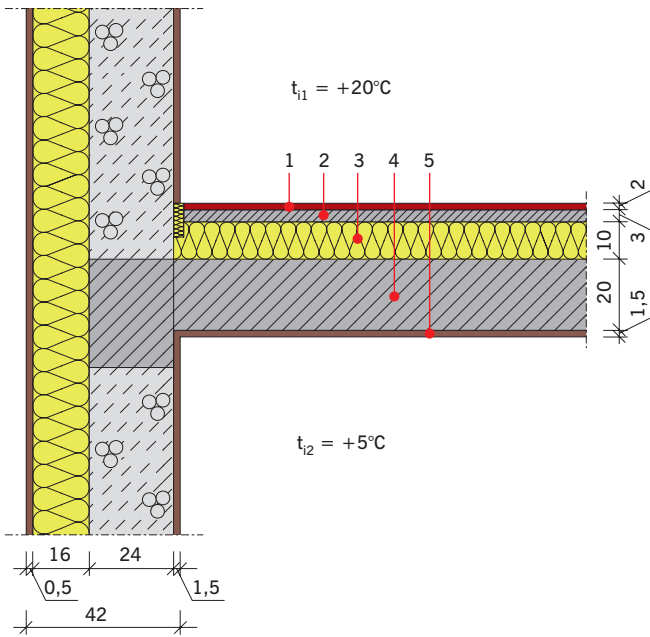
Warstwa	Grubość d [m]	Współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(m·K)]	Opór cieplny R [(m²·K)/W]
Powietrze wewnętrzne (pomieszczenie ogrzewane)	–	–	0,17
Parkiet drewniany	0,02	0,18	0,11
Gładź wyrównawcza	0,03	1,00	0,03
Płyty styropianowe	0,10	0,035	2,86
Strop typu filigran	0,20	2,00	0,10
Tynk cementowo-wapienny	0,015	0,80	0,02
Powietrze zewnętrzne (pomieszczenie nieogrzewane)	–	–	0,04

TABELA 4. Parametry warstw stropu nad pomieszczeniem nieogrzewanym – wariant I

RYS. 10. Strop nad pomieszczeniem nieogrzewanym – wariant I;

rys.: archiwum autora

- 1 – parkiet drewniany gr. 2 cm, 2 – gładź wyrównawcza gr. 3 cm, 3 – płyty styropianowe gr. 10 cm z obustronną powłoką z folii PF, 4 – strop typu filigran gr. 20 cm, 5 – tynk cementowo-wapienny gr. 1,5 cm



» wariant I:

$$R_T = R_{si} + R_n + R_{se} = 3,33 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = 0,30 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

$$U_C = 0,30 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

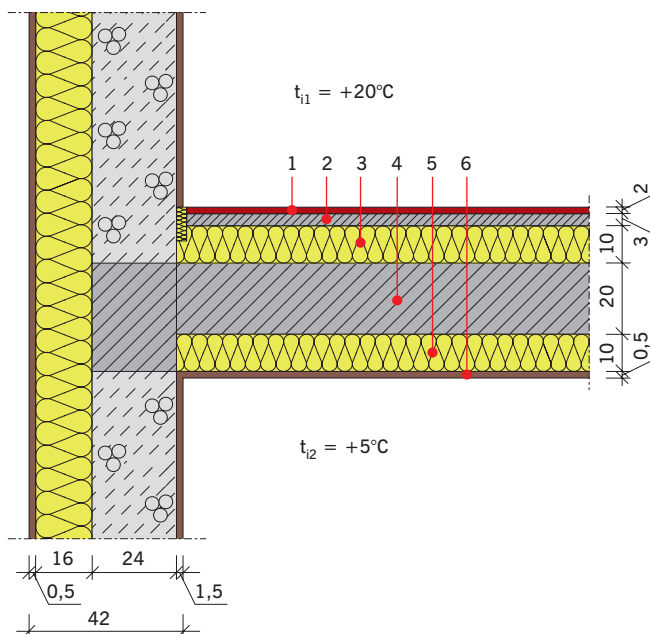
Warstwa	Grubość d [m]	Współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(m·K)]	Opór cieplny R [(m ² ·K)/W]
Powietrze wewnętrzne (pomieszczenie ogrzewane)	–	–	0,17
Parkiet drewniany	0,02	0,18	0,11
Gładź wyrównawcza	0,03	1,00	0,03
Płyty styropianowe	0,10	0,035	2,86
Strop typu filigran	0,20	2,00	0,10
Płyty z wełny mineralnej (sztywnej, wodoodpornej)	0,10	0,035	2,86
Tynk cienkowarstwowy	0,005	0,76	0,01
Powietrze zewnętrzne (pomieszczenie nieogrzewane)	–	–	0,04

TABELA 5. Parametry warstw stropu nad pomieszczeniem nieogrzewanym – wariant II

RYS. 11. Strop nad pomieszczeniem nieogrzewanym – wariant II;

rys.: archiwum autora

- 1** – parkiet drewniany gr. 2 cm, **2** – gładź wyrównawcza gr. 3 cm, **3** – płyty styropianowe gr. 10 cm z obustronną powłoką z folii PF, **4** – strop typu filigran gr. 20 cm, **5** – płyty z wełny mineralnej (sztywnej, wodoodpornej) gr. 10 cm, **6** – tynk cienkowarstwowy gr. 0,5 cm



» wariant II:

$$R_T = R_{si} + R_n + R_{se} = 6,18 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = 0,16 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$U_C = 0,16 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

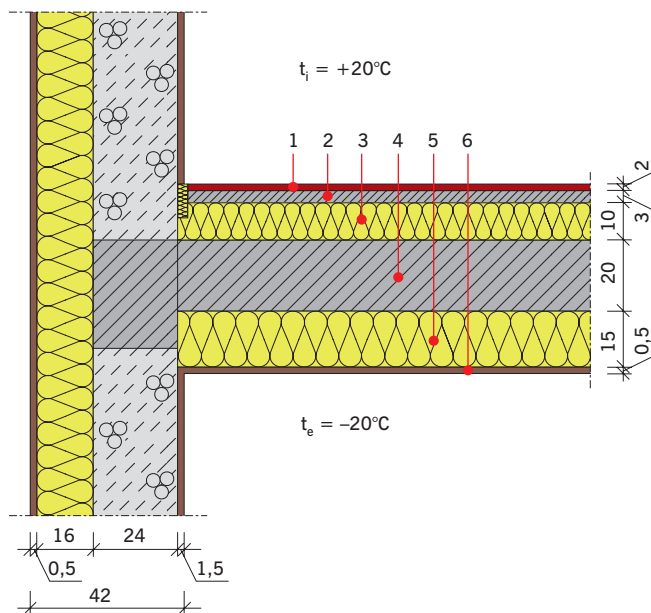
Warstwa	Grubość d [m]	Współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(m·K)]	Opór cieplny R [(m²·K)/W]
Powietrze wewnętrzne (pomieszczenie ogrzewane)	–	–	0,17
Parkiet drewniany	0,02	0,18	0,11
Gładź wyrównawcza	0,03	1,00	0,03
Płyty styropianowe	0,10	0,035	2,86
Strop typu filigran	0,20	2,00	0,10
Płyty z wełny mineralnej (sztywnej, wodoodpornej)	0,15	0,035	4,29
Tynk cienkowarstwowy	0,005	0,76	0,01
Powietrze zewnętrzne (pomieszczenie nieogrzewane)	–	–	0,04

TABELA 6. Parametry warstw stropu nad przejazdem – wariant III

RYS. 12. Strop nad przejazdem

– wariant III; rys.: archiwum autora

- 1 – parkiet drewniany gr. 2 cm, 2 – gładź wyrównawcza gr. 3 cm, 3 – płyty styropianowe gr. 10 cm z obustronną powłoką z folii PF, 4 – strop typu filigran gr. 20 cm, 5 – płyty z wełny mineralnej (sztywnej, wodoodpornej) gr. 15 cm, 6 – tynk cienkowarstwowy gr. 0,5 cm



» wariant III:

$$R_T = R_{si} + R_n + R_{se} = 7,61 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = 0,13 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

$$U_C = 0,13 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

Można zatem dokonać oceny przegród pod kątem wymagań cieplnych WT 2013 [1]:

- » strop nad pomieszczeniem nieogrzewanym ocieplony od strony pomieszczenia ogrzewanego (wariant I) nie spełnia podstawowego kryterium cieplnego – $U_c = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) > U_{c(\text{maks.})} = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- » wprowadzenie dodatkowej warstwy izolacji cieplnej (płyty ze sztywnej i wodoodpornej wełny mineralnej gr. 10 cm) w wariantcie II skutkuje obniżeniem wartości współczynnika przenikania ciepła U_c do $0,16 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, dzięki czemu strop spełnia podstawowe kryterium izolacyjności cieplnej $U_c < U_{c(\text{maks.})}$;
- » strop nad przejazdem (wariant III) spełnia podstawowe kryterium cieplne – $U_c = 0,13 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) < U_{c(\text{maks.})} = 0,20\text{--}0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W związku z nowymi, zaostrzonymi wymaganiami w zakresie izolacyjności cieplnej przegród i całego budynku konieczne staje się projektowanie izolacji cieplnej o zwiększonej grubości lub wprowadzenie nowych rozwiązań materiałowych (o znacznie niższych wartościach współczynnika przewodzenia ciepła λ [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]). Należy także pamiętać o uwzględnieniu wymagań w zakresie wilgotnościowym (ryzyka kondensacji na powierzchni wewnętrznej przegrody w miejscu mostka cieplnego oraz kondensacji międzywarstwowej).

Przedstawione w artykule przykłady materiałowe podłóg na gruncie i na stropach nad pomieszczeniami nieogrzewanymi i przejazdami nie wyczerpują wszystkich przypadków, dlatego zasadne jest opracowanie katalogu rozwiązań podłóg.

LITERATURA

1. Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU z 2013 r., poz. 926).
2. PN-EN ISO 6946:2008, „Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania”.
3. PN-EN ISO 13370:2008, „Ciepłne właściwości użytkowe budynków. Wymiana ciepła przez grunt. Metoda obliczania”.
4. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU z 2008 r. nr 201, poz. 1238).
5. PN-EN ISO 13788:2003, „Ciepłno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku. Temperatura powierzchni wewnętrznej do uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacja międzywarstwowa. Metody obliczania”.
6. PN-EN ISO 10211:2008, „Mostki cieplne w budynkach. Strumienie ciepła i temperatury powierzchni. Obliczenia szczegółowe”.
7. A. Dylla, „Praktyczna fizyka ciepła budowli. Szkoła projektowania złączy budowlanych”, Wydawnictwo Uczelniane UTP w Bydgoszczy, Bydgoszcz 2009.
8. K. Pawłowski, P. Olszar, „Analiza parametrów fizykalnych przegród budowlanych stykających się z gruntem”, IZOLACJE, nr 5/2011, s. 20–24.

9. K. Pawłowski, „Kształtowanie przegród stykających się z gruntem w aspekcie ciepło-wilgotnościowym”, „Czasopismo Techniczne”, nr 9/2012, s. 323–330.
10. PN-EN 12831:2006, „Instalacje grzewcze w budynkach. Metoda obliczania obciążenia cieplnego”.
11. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej (DzU z 2008 r. nr 201, poz. 1240).
12. PN-EN ISO 14683:2008. „Mostki cieplne w budynkach. Liniowy współczynnik przenikania ciepła. Metody uproszczone i wartości orientacyjne”.

KRZYSZTOF PAWŁOWSKI ukończył kierunek budownictwo na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy. Pracuje w Katedrze Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli na Wydziale Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska UTP w Bydgoszczy. Przedmiotem jego zainteresowań badawczych jest kształtowanie zewnętrznych przegród budowlanych i ich złączy w aspekcie ciepło-wilgotnościowym. Jest autorem i współautorem 50 artykułów w zakresie budownictwa ogólnego, fizyki budowli i materiałów budowlanych. Posiada uprawnienia do wykonywania świadectw charakterystyki energetycznej budynków i lokali.

PROMOCJA



Na stronach
www.ekspertbudowlany.pl
znajdziesz:

- nowości produktowe
- rynkowe przeglądy produktów
- porady ekspertów z różnych dziedzin
- aktualności prawne
- artykuły merytoryczne na temat budowy, remontu i wyposażenia domu oraz jego otoczenia
- inspirujące galerie zdjęć
- galerie użytkowników
- najnowsze wydania „Eksperta Budowlanego” do bezpłatnego pobrania w wygodnym formacie PDF
- katalog firm
- forum użytkowników



DR INŻ. MARIUSZ GARECKI

WYMAGANIA W ZAKRESIE IZOLACYJNOŚCI PRZEGRÓD ZEWNĘTRZNYCH – KOLEJNY ETAP ZMIAN

81

Od 1 stycznia 2017 r. obowiązuje następny etap zmian w zakresie izolacyjności. Po raz kolejny obniżona została minimalna wartość współczynnika przenikania ciepła U przegród budowlanych. Nowe regulacje prawne wymusiły konieczność systematycznego zwiększania izolacyjności termicznej przegród budowlanych w nowo wznoszonych budynkach.

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013 r., zmieniającym rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [1], zaostreniu uległy wymagania w zakresie izolacyjności przegród zewnętrznych, w tym wartość współczynnika przenikania ciepła U_c dla wszystkich rodzajów budynków oraz sposób obliczania wskaźnika EP, określającego roczne zapotrzebowanie budynku na nieodnawialną energię pierwotną.

Wcześniej obowiązywały znacznie niższe wymagania w zakresie izolacyjności termicznej przegród. Wymagania te były systematycznie podnoszone na przestrzeni ostatnich 50 lat (TABELA 1).

Obowiązujące rozporządzenie [1] wynika z przyjętych wcześniej regulacji prawnych i ma w efekcie przynieść wymierne oszczędności energetyczne w zakresie zużycia energii na ogrzewanie budynków.

ZWIĘKSZANIE GRUBOŚCI IZOLACJI

Regulacja prawna wprowadza, począwszy od 1 stycznia 2014 r. i sukcesywnie aż do 2021 r., nowe wymagania w zakresie izolacyjności ścian zewnętrznych budynków. Wymagania te jednoznacznie wskazują na konieczność, teraz i w niedalekiej perspektywie, poprawy izolacyjności termicznej ścian zewnętrznych przez:

» systematyczne zwiększanie grubości izolacji termicznej w przypadku realizacji prac w oparciu o tradycyjne, popularne obecnie materiały typu płyty EPS lub płyty z wełny mineralnej w celu osiągnięcia wymaganej wartości współczynnika przenikania ciepła U ,

Budynki budowane	Podstawowy przepis i data wprowadzenia	Wymagana wartość współczynnika przenikania ciepła U dla ściany zewnętrznej [W/(m ² ·K)]
do 1966 r.	Prawo budowlane [2]: mur o grubości 1½–2 cegieł	1,16–1,40 ¹⁾
1967–1985	PN-64/B-03404 [3] od 1.01.1966 PN-74/B-03404 [4] od 1.01.1976	1,16 ¹⁾
1986–1992	PN-82/B-02020 [5] od 1.01.1983	0,75
1993–2002	PN-91/B-02020 [6] od 1.01.1992	0,55
2002–2013	Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z późniejszymi zmianami [7]	0,3
od 1.01.2014	Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z 5 lipca 2013 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [1]	0,25
od 1.01.2017		0,23
od 1.01.2021 ²⁾		0,20

TABELA 1. Zmiany przepisów i norm budowlanych w zakresie współczynnika przenikania ciepła przez ściany zewnętrzne budynków w ciągu ostatnich 50 lat

¹⁾ Wartość przeliczona na obecnie obowiązujące jednostki.

²⁾ Od 1.01.2019 – dotyczy budynków zajmowanych przez władze publiczne.

» alternatywne zastosowanie materiałów termoizolacyjnych o niższych wartościach współczynnika przewodzenia ciepła λ w stosunku do powszechnie stosowanych dzisiaj w wykonawstwie materiałów, przy zapewnieniu mniejszej grubości warstwy termoizolacji.

W odniesieniu do pierwszego z rozwiązań dostosowanie grubości izolacji termicznej przegrody do nowych wymagań będzie wymagało systematycznego zwiększania jej grubości. Symulację przeprowadzono na sześciu wariantach ścian jedno- i trójwarstwowych, zgodnych z opisem przedstawionym w TABELI 2.

Wariant przegrody	Rodzaj przegrody	Grubość bez wypraw tynkarskich [cm]
1	Ściana jednowarstwowa: cegła ceramiczna pełna	74
2	Ściana z bloczków z betonu komórkowego, gęstość 500	24
3	Ściana jednowarstwowa z cegły silikatowej drażonej	25
4	Ściana trójwarstwowa prefabrykowana ZWS (15 cm żelbet + 8 cm wełna mineralna + 6 cm żelbet)	29
5	Ściana trójwarstwowa (25 cm pustak żużlobetonowy + 5 cm EPS + 12 cm cegła klinkierowa)	42
6	Ściana jednowarstwowa z pustaków Max	19

TABELA 2. Przykładowe ściany jedno- i trójwarstwowe poddane analizie

W **TABELI 3** przedstawiono zakres, w jakim na przestrzeni najbliższych lat zmieniała się i będzie się zmieniać wymagana grubość dodatkowej izolacji termicznej ze styropianu lub wełny mineralnej. Przyjęto w tym wypadku dla obu materiałów tę samą wartość współczynnika przewodzenia ciepła $\lambda = 0,04 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. Przegrody zewnętrzne w wariantach opisanych w **TABELI 2** charakteryzują się zróżnicowanymi wartościami współczynnika U , zawierającymi się w zakresie: $0,45\text{--}1,882 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. W kolejnych krokach obliczeniowych wyznaczono grubości izolacji termicznej, koniecznej do zainstalowania w celu utrzymania etapowo zmieniających się wymagań:

- » zgodnie z wymaganiami obowiązującymi do 31 grudnia 2013 r., tj. $U \leq 0,3 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$;
- » wymagań wprowadzonych od 1 stycznia 2014 r., tj. $U \leq 0,25 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$;
- » wymagań, wprowadzonych od 1 stycznia 2017 r., tj. $U \leq 0,23 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$;
- » wymagań, które wprowadzono od 1 stycznia 2019 r. w odniesieniu do budynków zajmowanych przez władze publiczne, a dla pozostałych obowiązujących od 1 stycznia 2021 r.

Jak wyraźnie widać, w stosunkowo bliskiej przyszłości trzeba się liczyć ze stosowaniem materiałów izolacyjnych o gr. ok. 18 cm. Przykładowo w 2013 r. średnia grubość materiału izolacyjnego montowanego na elewacjach ocieplanych przy użyciu systemów ETICS w Niemczech wynosiła 12,6 cm (w 2003 r. – 9 cm).

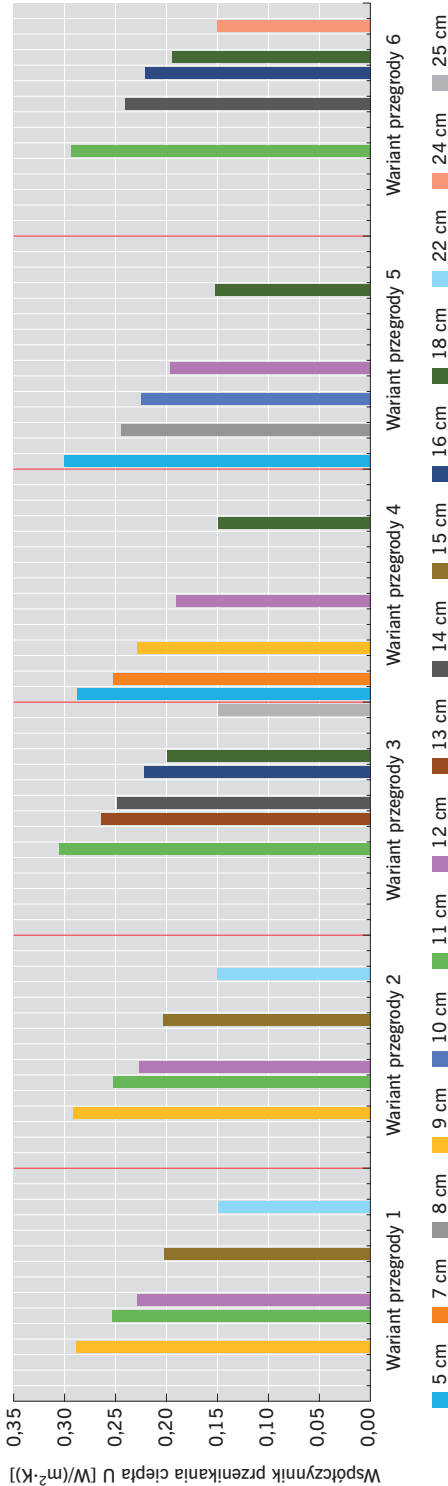
Dom energooszczędny (niskoenergetyczny) to taki, do którego ogrzania potrzeba $< 70 \text{ kWh/(m}^2\cdot\text{rok)}$. Uzyskanie tak niskiego wskaźnika zużycia energii jest możliwe dzięki zastosowaniu kompleksowych rozwiązań budowlanych i instalacyjnych oraz wykorzystaniu odpowiednich materiałów. Wszystkie przegrody zewnętrzne muszą skutecznie chronić przed ucieczką ciepła. Największe możliwości w zredukowaniu jego strat daje zwiększenie izolacyjności ścian. Dzięki poprawieniu jej ze standardowej na zalecaną dla domu energooszczędnego utrata ciepła przez ściany może być mniejsza aż o 40%. W domu niskoenergetycznym średnia wartość współczynnika przenikania ciepła przez przegrody zewnętrzne nie może być większa niż $0,2 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$, przy czym przyjmuje się, że dla ścian powinna ona wynosić $0,15 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$.

Ograniczenie strat ciepła jest i będzie nadal możliwe dzięki zwiększeniu ich izolacji termicznej. Jest to najłatwiejsze do przeprowadzenia w ścianach, w których izolacja termiczna stanowi odrębną część niezależną od ich konstrukcji (system ETICS: ściany dwuwarstwowe). Rezultaty obliczeń dla wariantów ścian przyjętych według **TABELI 2** zawiera **TABELA 3**. Wynika z niej, że już wprowadzenie pierwszej regulacji w 2014 r. skutkowało koniecznością wykonania dodatkowej izolacji termicznej nieocieplanych dotychczas ścian w zakresie od 7 cm do 14 cm, w zależności od przyjętego wariantu przegrody. Kolejny etap, wprowadzany od 1 stycznia 2017 będzie wymagał zainstalowania dodatkowej izolacji o gr. od 10 cm do 16 cm. Od 2019 r. obowiązuje, a od 2021 r. będzie to 12 cm do 18 cm w stosunku do wyjściowej ściany bez dodatkowej izolacji termicznej. Chcąc już dzisiaj spełnić wymagania dla przegrody w budynku niskoenergetycznym o zakładanej wartości współczynnika przenikania ciepła $U = 0,15 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$, powinniśmy instalować w zależności od przyjętego wariantu przegrody izolację o gr. 18–25 cm. Z przedstawionych kalkulacji wynika, że zmiana wprowadzana przepisami od początku 2017 r. powoduje zwiększenie obliczeniowej grubości izolacji w stosunku do aktualnie obowiązujących wymogów o 2–3 cm, natomiast kolejna wchodząca w życie za 3–5 lat będzie skutkowałą zwiększeniem tej grubości w stosunku do dotychczasowych wymagań o 4–5 cm (**RYS**).

Wariant przegrody	Grubość warstwy izolacji ocieplenia z EPS [cm]														Przegroda bez dodatkowej izolacji	
	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	22	24		25
1				0,289		0,253		0,224		0,202			0,149			0,829
2				0,292		0,252		0,226		0,203			0,150			0,848
3						0,305				0,248		0,221	0,199		0,149	1,882
4	0,288	0,252			0,212		0,191					0,149				0,450
5	0,300		0,245			0,219	0,197					0,152				0,480
6						0,294				0,241		0,215	0,194	0,150		1,537

TABELA 3. Konieczna grubość dodatkowej izolacji termicznej na przykładowych ścianach w kolejnych etapach wprowadzania wymagań rozporządzenia w sprawie warunków technicznych

■ – wymóg do 31.12.2014; ■ – wymóg od 1.01.2015; ■ – wymóg od 1.01.2017; ■ – wymóg od 1.01.2021 (1.01.2019); ■ – wymóg dla budynków niskoenergetycznych



RYS. Zmiana wymagań co do U ściany: zwiększanie grubości izolacji dla różnych wariantów przegród zewnętrznych. Warianty przegrody zewnętrznej według TABELI 2 i odpowiadająca im grubość dodatkowego ocieplenia z EPS [cm]; rys.: archiwum autora

PODSUMOWANIE

Nowe regulacje prawne wprowadzają kolejny obowiązek zmniejszenia wartości współczynnika przenikania ciepła U_c dla wszystkich rodzajów budynków. Będzie to skutkowało wzrostem grubości tradycyjnie stosowanych materiałów izolacyjnych w systemach ETICS, co wymusi nowe rozwiązania w zakresie ich mocowania, zwiększenie powierzchni otworów okiennych itp.

Problematyka wyższej izolacyjności przegród budowlanych od strony prawnej dotyczy nowo realizowanych budynków. Nie należy zapominać o dużej ilości obiektów, które z perspektywy dzisiejszych, nie przyszłych wymagań, nie spełniają już tych kryteriów. W długiej perspektywie nie należy się spodziewać obniżenia kosztów energii, wręcz przeciwnie – jej koszty będą systematycznie wzrastać. Dlatego w ciągu najbliższych lat, przy wzrastającej świadomości właścicieli obiektów, coraz popularniejsze staną się realizacje ociepleń wykonywanych na wcześniej zainstalowanych już systemach ETICS, których celem będzie dalszy wzrost izolacyjności przegród. Rynek dociepleń wtórnych może być interesującym obszarem dla wielu producentów, posiadających już dzisiaj gotowe rozwiązania techniczne ze stosownymi dokumentami odniesienia.

LITERATURA

1. Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU 2013 poz. 926).
2. Ustawa z dnia 31 stycznia 1961 r. Prawo budowlane (DzU 1961 nr 7 poz. 46).
3. PN-64/B-03404, „Współczynniki przenikania ciepła k dla przegród budowlanych”.
4. PN-74/B-03404, „Ochrona cieplna budynków. Wymagania i obliczenia”.
5. PN-82/B-02020, „Ochrona cieplna budynków. Wymagania i obliczenia”.
6. PN-91/B-02020, „Ochrona cieplna budynków. Wymagania i obliczenia”.
7. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU 2002 nr 75 poz. 690).

MARIUSZ GARECKI – rzeczoznawca budowlany, specjalista w zakresie mykologii i ochrony antykorozyjnej budowli. Autor licznych ekspertyz, opinii technicznych, publikacji i prac badawczych. Prowadził prace w zakresie diagnostyki, projektowania i nadzoru nad robotami kilkuset obiektów, w tym np. Świątyni Hatszepsut w Dolinie Królów oraz Hotelu Atlantis na Palma Jumeirah. Od ponad 10 lat kieruje pracami Komisji Technicznej Stowarzyszenie na Rzecz Systemów Ociepleń.

RADOSŁAW JĘDRZAK

86

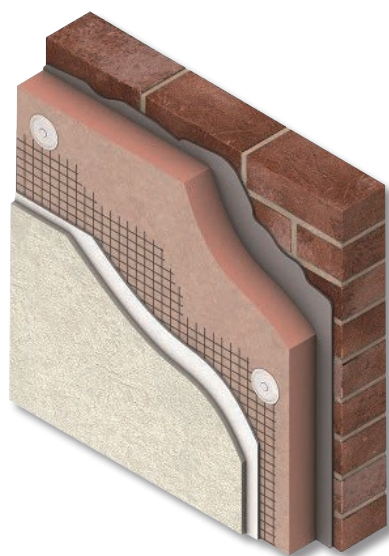
NOWOCZESNA IZOLACJA ŚCIAN W SYSTEMIE ETICS CZY DOCIEPLENIE OD WEWNĄTRZ

W świetle aktualnie zachodzących zmian dotyczących wymagań izolacyjnych stawianych przegrodom budowlanym, często pojawiającym się tematem jest dobór odpowiednich technologii i materiałów termoizolacyjnych. Obecnie projektowane budynki najczęściej uwzględniają wytyczne na rok 2017. Współczynnik przenikania ciepła dla ścian budynków, które uzyskały pozwolenie na budowę w tym roku wynosi $U_{\max} 0,23 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. Kolejne jego obniżenie do poziomu $0,020 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ nastąpi w roku 2021, a w przypadku budynków użyteczności publicznej nastąpiło już w 2019 r. Zagadnienie jest jeszcze bardziej istotne przy projektowaniu budynków energooszczędnych oraz pasywnych.

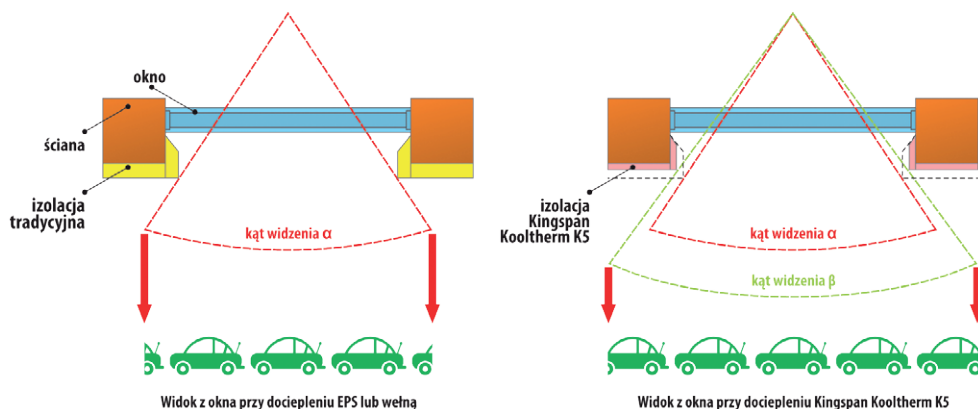
Aby spełnić rosnące wymagania stosuje się coraz grubsze warstwy izolacji termicznej, ale w wielu przypadkach jest to trudne lub wręcz niemożliwe. Przykładem są tu ograniczenia związane z wielkością działki, odległością od innych budynków lub od pasa drogowego. W sytuacji obiektu budowanego na małej działce zachowanie minimalnej wymaganej prawem odległości ściany od granicy działki mierzonej z uwzględnieniem grubości izolacji ściany staje się problemem. Jeszcze większym wyzwaniem muszą stawić czoła inwestorzy decydujący się na termorenowację istniejących już obiektów.

TERMOIZOLACJA W SYSTEMIE ETICS

Najbardziej przyszłościowym rozwiązaniem jest stosowanie nowoczesnych, wysokoefektywnych termoizolacji. Przykładem jest tu płyta z pianki rezolowej Kingspan



RYS. 1. Płyty Kooltherm K5 Izolacja Ścian



RYS. 2. Wpływ grubości termoizolacji na ilość światła wpadającego przez okna

Kooltherm K5 Izolacja Ścian. Płyty z pianki rezolowej posiadają najniższą wartość współczynnika przewodzenia ciepła spośród dostępnych na rynku termoizolacji przeznaczonych do ścian, $\lambda = 0,020 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Wobec powyższego materiał izoluje nawet o 100% lepiej niż tradycyjne materiały izolacyjne. Kooltherm przez ostatnich kilka lat z powodzeniem zdobywa rynek krajowy jako materiał od lat sprawdzony i doceniany m.in. na rynku niemieckim.

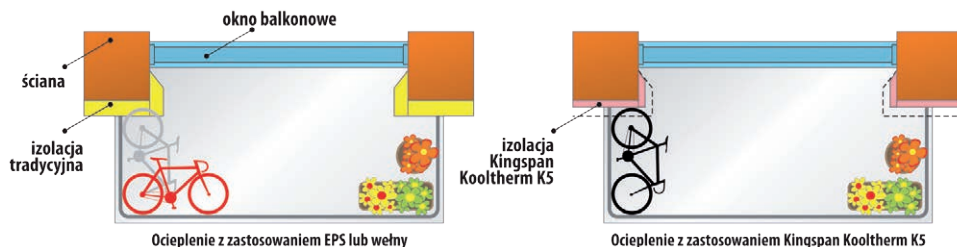
Płyty Kingspan Kooltherm K5 Izolacja Ścian pozwalają ocieplić skutecznie budynek energooszczędny lub nawet pasywny warstwą kilkunastu centymetrów zamiast kilkudziesięciu centymetrów tradycyjnych izolatorów.

Na podstawie opracowania Dolnośląskiej Agencji Energii i Środowiska zamiana tradycyjnych izolacji ścian na płyty rezolowe pozwala zyskać nawet 3% powierzchni użytkowej budynku, co można łatwo przemnożyć przez cenę metra kwadratowego. Ta dodatkowa powierzchnia zrekompensuje nakłady na dobrą izolację, a w przypadku obiektów budowanych na wynajem zwiększy zyskowność inwestycji. Rozwiązanie to jest szczególnie cenione w centrach miast

Grubość izolacji ścian ma bezpośrednie przełożenie na ilość światła wpadającego do pomieszczeń, zmniejsza ona także kąt widzenia przez okno (RYS.2).

Powszechną praktyką podczas prowadzenia prac termomodernizacyjnych jest ocieplenie zewnętrznych ościeży okiennych, tzw. węgarów, płytą EPS grubości zaledwie 2–3 cm, co powoduje powstanie mostków termicznych, w efekcie których gruba warstwa izolacji zewnętrznej traci swoją skuteczność tym bardziej, im gęściej rozmieszczone są okna. Najbardziej widać to w wielorodzinnym budownictwie mieszkaniowym. Zastosowanie w tym przypadku płyt Kingspan Kooltherm K5 Izolacja Ścian obniża późniejsze zapotrzebowanie na energię konieczną do ogrzania budynku.

Niestety, powierzchnia loggii i balkonów po ociepleniu budynku tradycyjnymi materiałami zmniejsza się, przez co tracą one na funkcjonalności. Ponieważ najczęściej prace te nie idą w parze z wymianą okien, może dojść do skośnego odsunięcia się termoizolacji od okna (RYS.3) Podobnie jest z ocieplaniem wystających płyt balkonowych (częsta przyczyna kondensacji pary wodnej na wewnętrznej stronie ścian i sufitów) – przy użyciu dotychczasowych materiałów ich ocieplenie zarówno od dołu, jak i od góry jest bardzo trudne ze względów estetycznych.



RYS. 3. Różnice w ograniczeniu powierzchni przy zastosowaniu termoizolacji tradycyjnej i Kooltherm K5

Kolejną kwestią przy termorenowacji ścian jest niewielki okap dachu, który często ogranicza możliwość zastosowania grubej warstwy ocieplenia – dzięki Kingspan Kooltherm K5 Izolacja Ścian można uniknąć przedłużania okapu dachu.

Podsumowując, stosowanie się do wymogów stawianych przez przepisy Prawa budowlanego narzuca nam konieczność poszukiwania nowych technologii. Nie zawsze nowe oznacza sprawdzone, ale w przypadku płyt Kooltherm oferowanych przez Kingspan Insulation mamy do czynienia z technologią od lat stosowaną w Europie i uznaną w Polsce. Najważniejszą konkluzją powinno być spojrzenie na termoizolację przez pryzmat korzyści związanych z późniejszymi niższymi kosztami ogrzewania i komfortem użytkowania. Aby uzyskać więcej informacji o izolacjach Kooltherm, warto odwiedzić stronę www.kingspaninsulation.pl

TERMOIZOLACJA ŚCIAN OD WEWNĄTRZ

Izolacja ścian od wewnątrz jest możliwa, ale nie każdą metodą i materiałem. Rzeczywiście najmniej problematyczna z punktu widzenia fizyki budowy jest izolacja od zewnątrz, bo nie ma ryzyka wystąpienia zjawiska gromadzenia się wilgoci po wewnętrznej stronie.

Wrażliwe na wilgoć włókniste izolacje czy kapiące podczas pożaru styropiany nie sprawdzają się w takich sytuacjach. W tym przypadku pianka rezolowa, dzięki wysokiej izolacyjności, odpornej na wilgoć strukturze zamkniętych cel, oraz wysokiej klasie ogniowej dla samego wyrobu B-s1,d0 jest idealnym rozwiązaniem.

Odpowiednim wyrobem jest płyta Kooltherm® K17 Izolacja Wewnętrzna, czyli płyta rezolowa zespolona z płytą gipsowo-kartonową grubości 12,5 mm o wyższych parametrach ogniowych. Wewnątrz tej płyty znajduje się folia aluminiowa stanowiąca skuteczną paroizolację zatrzymującą dopływ pary wodnej z pomieszczeń do muru o znacznie niższej temperaturze.

Podstawą przy projektowaniu tego typu izolacji jest zapewnienie w przegrodzie warunków, które zapobiegą rozwojowi grzybów i pleśni mających negatywny wpływ na zdrowie mieszkańców.



RYS. 4. Płyty Kooltherm K17 Izolacja Wewnętrzna

Kingspan wspiera nabywców płyt Kooltherm® K17 Izolacja Wewnętrzna obliczeniami ciepło-wilgotnościowymi indywidualnie dla każdego typu projektu. Analizy te wskazują najlepszy sposób montażu eliminujący ryzyko zawilgocenia ścian. Fachowe doradztwo zapewnia dostęp do katalogu mostków termicznych, oraz konsultacje i szkolenie na budowie.

ŚCIANY KORYTARZY I KLATEK SCHODOWYCH

89

Dla ścian oddzielających klatki schodowe i korytarze od pomieszczeń ogrzewanych wymogiem jest uzyskanie $U_{\max} = 1,00 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. Przy najczęściej stosowanych u nas materiałach konstrukcyjnych takie parametry można uzyskać jedynie izolując je termicznie. Płyty Kooltherm® K17 Izolacja Wewnętrzna są idealnym do tego produktem, sprawdzonym już w kraju w wielu zrealizowanych obiektach. ■

KONTAKT



Kingspan Insulation
ul. Gdańska 134, 62-200 Gniezno
tel.: 61 425 56 48
faks: 61 424 73 70
info@kingspaninsulation.pl
www.kingspaninsulation.pl

MGR INŻ. PAWEŁ GACIEK

90

KIEDY NALEŻY STOSOWAĆ TECHNOLOGIĘ OCIEPLENIA NA OCIEPLENIU

Ocieplenie na ociepleniu cieszy się dużym zainteresowaniem wśród wspólnot i spółdzielni mieszkaniowych oraz zarządców nieruchomości, którzy przed laty zakończyli proces termomodernizacji, a obecnie szukają sposobów na naprawę i remont elewacji oraz dostosowanie jej parametrów do aktualnych wymagań.

Od początku lat 90. XX w. w Polsce nieprzerwanie trwa proces termorenowacji, czyli docieplania ścian zewnętrznych budynków istniejących oraz ocieplania nowo wybudowanych obiektów w celu zwiększenia izolacyjności termicznej, dostosowania przegród do aktualnych wymagań prawnych oraz ochrony środowiska. Po prawie 30 latach realizacji ociepleń w naszym kraju można jednoznacznie stwierdzić, że najpopularniejszą metodą wykonywania izolacji termicznej ścian była tzw. metoda „lekka mokra” (nazwa i technologia opisana w instrukcji ITB 334/96 [1]), która ewaluowała w Bezspoinowy System Ocieplania, zwany w skrócie BSO (instrukcja ITB 334/2002 [2]), a od 2009 r. w Polsce określany (instrukcja ITB 447/2009 [3]) jako ETICS (*External Thermal Insulation Composite System*).

Ta metoda ociepleń, choć na pozór nieskomplikowana, w rzeczywistości stwarzała pewne trudności w poprawnym wykonywaniu, szczególnie w latach 90., kiedy ogólna świadomość w obszarze zasad realizacji ociepleń była relatywnie niska i brakowało doświadczonych wykonawczych. Z kolei problemem lat późniejszych były niewystarczające nadzory i mało efektywne kontrole robót ociepleniowych. Konsekwencją destrukcyjnego działania czasu, popełnionych błędów podczas montażu i zróżnicowanej lub niskiej jakości niektórych materiałów są usterki, które wymagają naprawy i zabezpieczenia, a więc renowacji lub remontów.

PROBLEMY ISTNIEJĄCEGO OCIEPLENIA

Jeśli ocieplenie było prawidłowo wykonane, to najmniej dokuczliwym znakiem czasu są zabrudzenia i zmiany kolorystyczne warstw wykończeniowych (tynków cienkowarstwowych, farb). Bywa, że na niektórych ekspozycjach ściany widoczne są zielone i brązowe naloty, czyli kolonie glonów (algi) i pleśni (grzyby), znacząco pogarszające wygląd, szczególnie północnych i zacienionych elewacji.



FOT. 1. Istniejące ocieplenie zamocowane prawidłowo;
fot. archiwum autora



FOT. 2. Istniejące ocieplenie zamocowane nieprawidłowo;
fot. archiwum autora



FOT. 3. Istniejące ocieplenie przyklejone prawidłowo, jednak odspojone od podłoża; fot. archiwum autora

Poważniejszym problemem istniejącego ocieplenia są osypujące się lub odpadające wyprawy tynkarskie, popękane warstwy wierzchnie (wyprawa tynkarska, warstwa zbrojona). Dodatkowo w takich sytuacjach dochodzą nieszczelności w połączeniu ocieplenia z elementami elewacji (stolarka otworowa, parapety, obróbki blacharskie, bariery, elementy mocowania instalacji itp.).

Bardzo często na elewacjach występują również braki termoizolacji w obszarze ościeży okiennych i drzwiowych, loggii, płyt balkonowych itp. W ten sposób powstają tzw. mostki termiczne, czyli miejsca, obszary w obudowie elewacji o wyższej przewodności cieplnej, gdzie najczęściej brakuje ciągłości izolacji termicznej lub izolacja jest mniejsza.

W obszarze niedokładnego połączenia (styku) płyt termoizolacji oraz w miejscach osadzenia łączników mechanicznych mocujących ocieplenie (kotki, dyble) mogą powstawać tzw. liniowe i punktowe mostki termiczne. Zamiast popularnych termogramów można posłużyć się naturalnymi efektami braku skażenia mikrobiologicznego w miejscach wyższej temperatury elewacji. Problem istotnie się zwiększa, jeśli przyczyną pęknięć ocieplenia jest jego niestabilne zamocowanie do ściany.

ZAKRES NAPRAW

Podczas oceny usterek ociepleń istniejących można wyróżnić kilka zakresów napraw – od prawie kosmetycznych, polegających na myciu i malowaniu, powierzchniowym wzmacnianiu struktur tynkarskich, przez ponowne wykonanie lub wymianę warstw zewnętrznych ocieplenia, a kończąc na wykonaniu nowego ocieplenia na istniejącym, czyli wykonanie

podwójnego ocieplenia. Wystarczy zadać przy planowanej renowacji ocieplenia jedno dodatkowe pytanie: czy izolacyjność termiczna ścian jest wystarczająca lub czy odpowiada aktualnym wymaganiom w tym zakresie? Wówczas ta ostatnia forma renowacji, polegająca na zwiększeniu izolacyjności termicznej ścian, rysuje się jako najbardziej efektywna.

Celem każdej renowacji ocieplenia jest odświeżenie i przywrócenie estetyki elewacji i najczęściej to bywa osiągnięte w procesie tzw. renowacji prostej, czyli po umyciu i pomalowaniu ścian, jeśli stan techniczny warstw wierzchnich na to pozwala. Czy jednak przy takim zakresie naprawczym usunie się z elewacji mostki termiczne, błędnie osadzone obróbki blacharskie i parapety? Czy wyeliminuje się przyczyny zacieków i zarysowań? Czy ociepli się miejsca dotąd nieocieplone (np. ościeża wokół stolarki otworowej)? Czy uda się zmienić wizerunek budynku na tyle, aby był nowoczesny i atrakcyjny przez kolejne lata? Czy uda się zyskać mocniejszą i trwalszą elewację? Satysfakcjonującą odpowiedź na te wszystkie pytania daje jedynie perspektywa wykonania nowego ocieplenia na istniejącym, inne sposoby renowacji z uwagi na swój zakres mają pewne ograniczenia.

Warstwy wierzchnie nowego ocieplenia mogą być tak ukształtowane, aby w części narażonej na uszkodzenia mechaniczne (cokoły, partery, ściany od placu zabaw) mogły bez problemu przenosić nawet uderzenie młotkiem. Do tradycyjnych tynków cienkowarstwowych typu baranek można wprowadzić efekty kamienia, połysku miki, drewna, cegły licówki i wielu innych podnoszących atrakcyjność budynku. Niewątpliwą korzyścią wykonywania nowego ocieplenia na istniejącym jest uniknięcie kosztu



FOT. 4. Istniejące ocieplenie nieprzyklejone do podłoża;

fot. archiwum autora



FOT. 5. Tzw. podklejki oraz brak styku płyt – mostek termicznych liniowy; fot. archiwum autora



FOT. 6. Odspojenie ocieplenia z cząstkami podłoża i brak skuteczności mocowania mechanicznego (kołka);

fot. archiwum autora



FOT. 7. Pomiar grubości ocieplenia podczas oceny odkrywkowej;
 fot. archiwum autora



FOT. 8. Punktowy pomiar grubości ocieplenia;
 fot. archiwum autora



FOT. 9. Pomiar grubości odsunięcia termoizolacji od podłoża;
 fot. archiwum autora

demontażu i utylizacji starego ocieplenia oraz wykorzystanie go jako części grubości termoizolacji projektowanej. W przypadku budynków wykonanych w technologii wielkopłytkowej przed wykonaniem ocieplenia na ociepleniu mocne uzasadnienie zyskuje wzmocnienie WP (jeśli nie zostało wykonane wcześniej), czyli zastosowanie dodatkowego połączenia płyt osłonowych (fakturowych) z płytami nośnymi za pomocą odpowiednich kotew. Ponowne ocieplenie może skutecznie zamaskować miejsca po montażu kotew wzmacniających, a także ujednolicić termicznie przegrodę.

OCENA TECHNICZNA I EKONOMICZNA

Kluczową kwestią dla zaplanowania jakiegokolwiek renowacji ocieplenia, w szczególności podwójnego, jest wykonanie oceny technicznej stanu ocieplenia istniejącego oraz ścian, do których jest zamocowane. Takiej oceny powinien dokonać uprawniony ekspert budowlany. Celem podstawowym takiego działania powinno być stwierdzenie, czy ocieplenie istniejące i ściana mogą służyć jako stabilne podłoże pod nowe ocieplenie, lub określenie sposobu przygotowania ocieplania istniejącego do ponownego ocieplenia. Opinia powinna również obejmować reprezentatywny dla całej elewacji opis stanu ocieplenia zbudowany w oparciu o ocenę wizualną, tzw. badania odkrywkowe przekroju ocieplenia w kilku miejscach elewacji podparte laboratoryjną oceną niektórych właściwości warstw starego ocieplenia.

Do najważniejszych kwestii dotyczących ocieplenia istniejącego należą:

» analiza istniejącej dokumentacji: projekt, rodzaj ocieplenia, klasyfikacja ognio- wa ocieplenia istniejącego, dziennik budowy,

- » ustalenie rodzaju ścian zewnętrznych (podłoża) i tego, czy wymagają wzmocnienia (dotyczy szczególnie trójwarstwowych ścian prefabrykowanych, tzw. wielka płyta),
- » określenie stanu i grubości warstw nieośnionych znajdujących się na powierzchni ścian (tynki, farby, inne okładziny),
- » określenie sposobu zamocowania ocieplenia do podłoża (powierzchni efektywnej sklejenia, rozmieszczenia kleju, liczby i rodzaju łączników mechanicznych oraz skuteczności ich zamocowania),
- » ocena warstw zewnętrznych ocieplenia (przyczepności poszczególnych warstw do siebie i do termoizolacji),
- » stwierdzenie, czy na powierzchni ocieplenia występuje skażenie mikrobiologiczne (algi, grzyby), zabrudzenia,
- » ustalenie grubości oraz rodzaju warstw podłoża i ocieplenia w szczególności termoizolacji na ścianie i w innych miejscach (ościeża okienne, loggie, cokoty itp.),
- » sprawdzenie wytrzymałości na rozrywanie termoizolacji siłą prostopadłą do powierzchni płyty.

W przypadku, kiedy istniejące ocieplenie zostanie zakwalifikowane jako właściwe podłoża do ponownego ocieplenia przez eksperta budowlanego, powinien być wykonany projekt nowego ocieplenia, opisujący również sposób przygotowania podłoża (ocieplenia istniejącego). Z uwagi na instalowanie kolejnych warstw na ścianie projektant powinien zwrócić szczególną uwagę na obliczenia ciepłno-wilgotnościowe oraz sposób zamocowania mechanicznego nowego ocieplenia i traktować to mocowanie jako podstawowe. Jeśli ocieplenie istniejące wymaga gruntownego przygotowania, to warto również poddać taki zakres robót ocenie kosztowej i porównać z ewentualnym demontażem ocieplenia



FOT. 10. Pomiar średnicy talerzyka łącznika;
fot. archiwum autora



FOT. 11. Pomiar grubości warstwy nieośnionych ściany – tynk zewnętrzny; fot. archiwum autora



FOT. 12. Pomiar grubości płyty fakturowej (ściana w technologii WP); fot. archiwum autora



FOT. 13. Pomiar warstw podłoża i ocena ich rodzaju na podstawie odwiertu; fot. archiwum autora



FOT. 14. Odkryte rozwarstwienie ściany nośnej – podłoże z gazobetonu; fot. archiwum autora



FOT. 15. Odkryte rozwarstwienie ściany nośnej – podłoże z gazobetonu; fot. archiwum autora

przed podjęciem decyzji o ponownym ociepleniu, aby mieć pewność, że wykonuje się rzecz uzasadnioną ekonomicznie.

W przypadku bardzo złego stanu ocieplenia, szczególnie w razie samoczynnego odspojenia ocieplenia od ściany, istnieje zagrożenie przemieszczenia ocieplenia względem ściany. Wykonanie ponownego ocieplenia na takim podłożu może być niebezpieczne. Dodatkowe domocowywanie odspojonego ocieplenia łącznikami mechanicznymi, połączone z iniekcyjnym uzupełnieniem brakującej ilości substancji klejącej w celu równomiernego podparcia płyt, staje się kosztowne oraz może powodować podczas mocowania nowego ocieplenia uszkodzenie wcześniej osadzonych łączników lub podłoża w obszarze ich bezpośredniego oddziaływania. W związku z tym zawsze oprócz ocen technicznych konieczne jest również wykonanie analizy ekonomicznej przyjętych rozwiązań w celu uzasadnienia ich wyboru.

MOCOWANIE NOWEGO OCIEPLENIA

Obecnie mamy w kraju nawet kilkunastoletnie doświadczenia w stosowaniu ociepleń na ociepleniach, gdzie termoizolacją jest styropian, zarówno w ociepleniu nowym, jak i istniejącym.

Nowe ocieplenia przeznaczone do stosowania na ociepleniach istniejących co do układu i rodzaju warstw oraz technologii stosowania nie różnią się zasadniczo od tych wykorzystywanych powszechnie (ETICS). Podstawowa różnica polega na sposobie mocowania mechanicznego do podłoża (ściany). Oprócz warstwy kleju do mocowania nowego ocieplenia konieczne jest zawsze wykonanie mocowania łącznikami mechanicznymi z trzpieniem stalowym, najlepiej

wkręcany. Istnieją również rozwiązania zamocowania, które mają indywidualny i innowacyjny charakter, znacząco różniący je od standardowych pod względem skuteczności, co nabiera bardzo istotnego znaczenia m.in. w przypadku gwałtownych wiatrów. Wspólną cechą wszystkich systemów do ponownego ocieplenia jest więc to, że mocowanie mechaniczne jest kluczowe dla stabilności obu systemów ociepleń. Łączniki powinny przechodzić przez termoizolację nowego ocieplenia i wszystkie warstwy ocieplenia istniejącego aż do podłoża nośnego, w którym powinny być skutecznie zakotwione. Liczba, długość, rodzaj i rozmieszczenie łączników mechanicznych zawsze powinny być określone w projekcie. Przyjęto, iż nie powinno być to mniej niż 6 szt./m². Rekomendowane są łączniki mechaniczne o jak najniższym współczynniku punktowej przenikalności cieplnej, nie więcej niż 0,002 W/K, oraz sztywności talerzyka nie mniejszej niż 0,6 kN/mm i średnicy nie mniejszej niż 60 mm. Łącznik powinien być przeznaczony do klas podłoża A, B, C, D i bezwzględnie posiadać aprobatę techniczną krajową albo europejską lub Europejską Ocenę Techniczną.

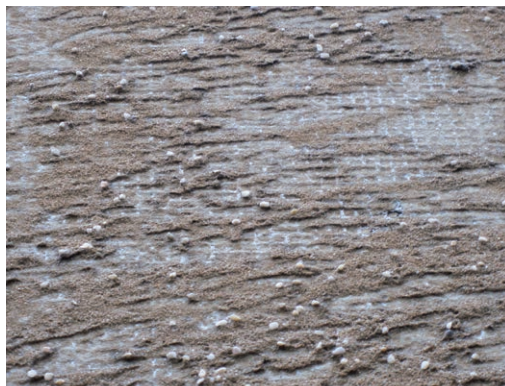
UWAGI KOŃCOWE

Stowarzyszenie na rzecz Systemów Ociepleń (SSO) stworzyło i opublikowało dość szczegółowe wytyczne stanowiące wskazówki do diagnozowania ociepleń istniejących oraz wykonania na ich powierzchni nowych. To materiał pomocniczy, który może posłużyć projektantom w procesie oceny oraz projektowania ociepleń.

System użyty jako ocieplenie na ociepleniu musi posiadać aprobatę techniczną wskazującą na takie jego przeznaczenie,



FOT. 16. Brak prawidłowego połączenia płyt styropianu, klej w spoinie; fot. archiwum autora



FOT. 17. Osypująca się warstwa tynku zewnętrznego; fot. archiwum autora



FOT. 18. Brak ciągłości zbrojenia (siatki z włókna szklanego) w warstwie kleju; fot. archiwum autora



FOT. 19. Niewłaściwe zamocowanie bariery balkonu – zaciekanie wody; fot. archiwum autora



FOT. 20. Uszkodzone płyty balkonowe; fot. archiwum autora



FOT. 21. Określenie szerokości ramy okiennej pod kątem możliwości ocieplenia ościeża; fot. archiwum autora

łącznie z klasyfikacją ogniową NRO (nie-rozprzestrzeniający ognia), w przypadku styropianu (EPS) jako termoizolacji obejmującej łącznie oba systemy jako układ.

Należy również podkreślić dużą wagę roli osób kontrolujących i nadzorujących przebieg prac. Należy prowadzić bieżącą kontrolę stanu ocieplenia istniejącego i o wszelkich odstępstwach od założeń informować projektanta ocieplenia. Warto pamiętać, że stan ocieplenia istniejącego może się zmieniać. Zdarzają się na elewacji obszary gorzej wykonane i inaczej wyglądające niż w miejscach wykonywania badań odkrywkowych prowadzonych na potrzeby opinii technicznej lub ekspertyzy.

Szczególną uwagę należy poświęcić sprawdzeniu skuteczności mocowania łączników mechanicznych przy nowym ociepleniu. Można skorzystać ze wsparcia producentów zamocowań i wykonywać próby wrywania łączników z podłoża. W sytuacji stwierdzenia podczas prac obszaru ocieplenia odspojonego od podłoża konieczny jest jego demontaż i odtworzenie według zasad prawidłowej realizacji.

Wykonanie nowego ocieplenia na istniejącym ma głównie służyć zwiększeniu termoizolacji ścian. To właściwy moment, aby dokonać ocieplenia tych elementów budynku, które w pierwszej fazie termomodernizacji ścian nie były docieplone, wymienić parapety i obróbki blacharskie bez konieczności retuszowania i ujednolicania obszarów napraw z resztą elewacji. Można w tym czasie dokonać również renowacji elementów budynku zespolonych z elewacją, np. balkonów, tarasów, instalacji odprowadzających wodę z dachu. Nowe ocieplenie zamaskuje miejsca po wzmocnieniu ścian (szczególnie tzw. wielkiej płyty).

Ponowne ocieplenie jest optymalną renowacją warstw wierzchnich ocieplenia w sytuacjach, gdy grubość izolacji nie spełnia obecnych wymagań. Likwiduje wszelkie mostki termiczne, czyli nieciągłości pierwotnej izolacji termicznej. Dzięki podwójnemu ociepleniu unika się demontażu i utylizacji materiałów – poczyniona przed laty inwestycja nie zostaje zmarnowana, a koszty rozbiórki można zaliczyć na poczet nowej realizacji. Podczas wykonywania nowego ocieplenia w strefach elewacji narażonych na uszkodzenia mechaniczne można zaprojektować obszary o podwyższonej udatności, a także uwzględnić podwyższoną odporność wypraw na porastanie przez glony i grzyby. Dzięki ponownemu ociepleniu można również ukształtować architektonicznie elewacje według najnowszych trendów.

Należy jednak pamiętać, by zawsze decyzję o wykonaniu ponownego ocieplenia na istniejącym opierać na wyniku oceny stanu technicznego ocieplenia istniejącego. Nowe ocieplenie na istniejącym powinno być zaprojektowane tak, by zapewniało bezpieczeństwo i prawidłowe wieloletnie użytkowanie oraz przewidzianą funkcjonalność.

LITERATURA

1. Instrukcja „Ocieplenia na ocieplenia – zalecenia dotyczące renowacji istniejącego systemu ETICS”, opracowane przez Stowarzyszenie na Rzecz Systemów Ociepleń.

PAWEŁ GACIEK ukończył kierunek budownictwo na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej. Pracuje na stanowisku Dyrektora Technicznej Obsługi Klienta BOLIX SA i od kilkunastu lat kieruje pracami działu. Wchodzi w skład komisji technicznej Stowarzyszenia na rzecz Systemów Ociepleń (SSO). Jest autorem wielu publikacji technicznych, artykułów, instrukcji, opinii technicznych z dziedziny ociepleń ścian zewnętrznych i stropów.

**BEZPŁATNA
PRENUMERATA
PRÓBNA!**

ZAMÓW PRENUMERATĘ MIESIĘCZNIKA „IZOLACJE”

Różne warianty prenumeraty
– wybierz odpowiedni dla siebie



**ZAMÓW TELEFONICZNIE:
22 512 60 51**

SYSTEM S-LINE – JAK DOCIEPLAĆ BUDYNKI

The logo for HYDRO CONTROL, featuring the word "HYDRO" in a bold, white, sans-serif font, followed by a blue circular icon containing a white wave-like shape, and the word "CONTROL" in a smaller, white, sans-serif font below it.

Od początku lat 90. ubiegłego stulecia dąży się w Polsce do poprawy efektywności energetycznej przegród zewnętrznych – systematycznie wykonywane są docieplenia ścian zewnętrznych większości budynków istniejących oraz nowo wybudowanych. Ilość realizacji dociepleń w całym kraju pozwala stwierdzić, że najpopularniejszą metodą wykonywania izolacji termicznej ścian jest tzw. metoda lekka-mokra, która od 2009 r. określana jest (według instrukcji ITB 447/2009 jako ETICS (External Thermal Insulation Composite System).

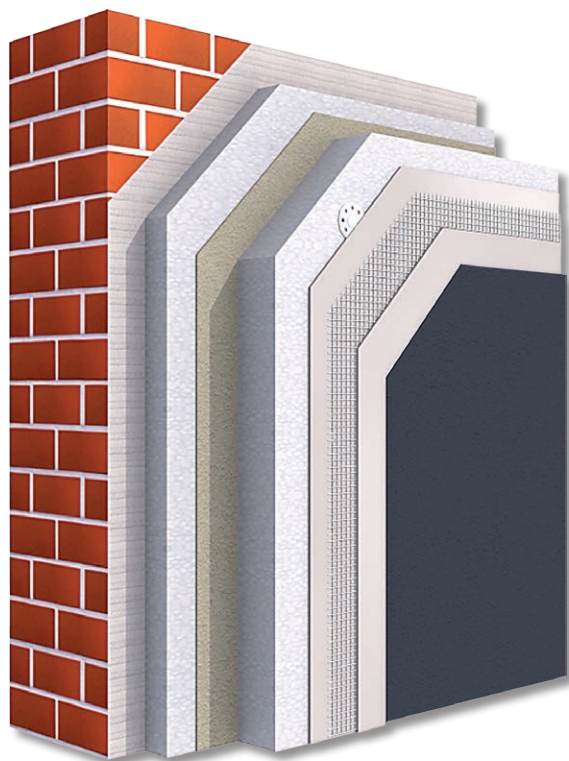
Prace realizowane w technologii ociepleń, na pozór nieskomplikowane, stwarzały i stwarzają w dalszym ciągu większe lub mniejsze trudności w wykonaniu, ponieważ wiedza dotycząca zasad stosowania ociepleń wciąż jest niewystarczająca. Jednocześnie brakuje wykwalifikowanych ekip, nie da się więc uniknąć błędów podczas montażu materiałów składowych systemu ETICS. Powstałe na skutek przyjęcia złej technologii usterki dzisiaj wymagają naprawy – w zależności od stanu – renowacji czyli napraw doraźnych lub remontu kapitalnego, czyli wymiany części warstw lub nawet całego ocieplenia.

Działania naprawcze oraz sposób ich wykonywania wymagają bardzo szczegółowych wytycznych, najlepiej aby były one przygotowywane indywidualnie w odniesieniu do konkretnych fasad na konkretnych obiektach.

Coraz częściej zauważalnym, a bardzo istotnym dla właścicieli obiektów problemem w aspekcie wizualnym, są zielone naloty na powierzchni ocieplonych elewacji – glony, algi lub pleśnie znacząco pogarszające wygląd szczególnie na zacienionych częściach lub całych płaszczyznach elewacji, np. na fasadach skierowanych na północ.

Zmieniające się wymagania dotyczące izolacyjności cieplnej ścian oraz wzrost cen energii powodują, że coraz częściej w ramach renowacji ocieplenia rozważa się zwiększenie grubości termoizolacji oraz – w przypadku budynków wykonanych w technologii wielkopłytywowej – wzmocnienie, czyli zastosowanie dodatkowego połączenia płyt osłonowych z płytami nośnymi za pomocą odpowiednich kotew.

Można wyróżnić kilka zakresów napraw ociepleń – od mało inwazyjnych, jak np. mycie elewacji, powierzchniowe wzmocnianie struktur tynkarskich i malowanie zabezpieczające, przez bardziej skomplikowane i pracochłonne usuwanie uszkodzonych warstw i ponowne



RYS. Układ warstw w systemie Lobatherm S-Line

wykonanie lub wymianę warstw zewnętrznych, aż do najbardziej skomplikowanego z punktu widzenia konstrukcji i wymogów cieplno-wilgotnościowych wykonania dodatkowego ocieplenia na już istniejącym. Ta ostatnia forma, polegająca na zwiększeniu izolacyjności termicznej ścian, jest w ostatnim czasie obiektem zainteresowania właścicieli i zarządców budynków wielorodzinnych, którzy zakończyli już proces termomodernizacji w swoich zasobach mieszkaniowych.

Obecnie dostępne rozwiązania dotyczą jedynie systemów z zastosowaniem styropianu. Problem ponownych dociepleń wzbudza wiele wątpliwości:

- » czy ocieplenie istniejące może być podłożem pod kolejne ocieplenie?
- » czy i jak należy wykonać wzmocnienia?
- » w jaki sposób prawidłowo wykonać i mocować nową termoizolację?
- » czy się bardziej opłaca demontaż starego, czy wykonanie nowego ocieplenia?
- » czy ponownie ocieplenie będzie trwałe?

Przy każdej renowacji czy remoncie konieczne jest wcześniejsze wykonanie indywidualnej oceny stanu istniejącego ocieplenia. Dotyczy to w szczególności problemu wykonania ocieplenia na istniejącym układzie. Ocieplenia kwalifikowane do renowacji mogą być w różnym stanie. Do najczęstszych usterek należą uszkodzenia warstw zewnętrznych (tynków i warstw zbrojonych siatką) polegające na łuszczeniu czy spękanii. Zdarzają się również odspojenia ocieplenia od podłoża. Konieczne jest stworzenie projektu dla nowego systemu ocieplenia na podstawie analizy obiektu, w ramach której należy ustalić:

- » technikę wykonania ścian nośnych z uwzględnieniem ich ewentualnego wzmocnienia – szczególnie ścian prefabrykowanych wykonywanych w technologii tzw. wielkiej płyty,
- » rodzaj warstw nienośnych, które znajdują się na powierzchni – tynki, farby oraz stan warstw zewnętrznych ocieplenia,
- » sposób zamocowania ocieplenia do podłoża,
- » ewentualną obecność substancji antyadhezyjnych, zabrudzeń lub skażenia mikrobiologicznego (konieczne usunięcie),
- » przyczepność poszczególnych warstw do siebie,

- » grubość oraz rodzaj warstw podłoża i ocieplenia,
- » stan powierzchni nieocieplonych pod kątem możliwości ich docieplenia,
- » rodzaj i stanu termoizolacji.

W przypadku, gdy istniejące ocieplenie jest w dobrym stanie technicznym i prawidłowo wykonane, ale nie zapewnia wystarczającej izolacyjności termicznej ścian zewnętrznych, a wymaga mycia i malowania, optymalną ekonomicznie formą naprawy może być wykonanie ponownego ocieplenia na już istniejącym. Większość prac i materiałów renowacyjnych można zamienić na prace i materiały ociepleniowe. Pozwala to uniknąć demontażu i utylizacji lub składowania starego ocieplenia.

Demontaż istniejącego ocieplenia może być uzasadniony, gdy nie można zwiększyć grubości izolacji termicznej, np. w ościeżach okiennych, loggiach itp. Wówczas nowe ocieplenie można wykonać przy użyciu materiału termoizolacyjnego o mniejszej niż w przypadku standardowego styropianu wartości współczynnika przewodzenia ciepła λ . Ponadto dodatkowa warstwa termoizolacji poszerza ościeże okienne, co w wypadku małych otworów, może skutkować ograniczeniem dostępu światła do pomieszczeń. Zawsze więc, oprócz oceny technicznej, konieczne jest również wykonanie analizy ekonomicznej przyjętych rozwiązań w celu uzasadnienia ich wyboru.

Wykonanie ponownego ocieplenia nie jest natomiast możliwe, gdy stare ocieplenie jest w złym stanie, zwłaszcza jeżeli doszło do samoczynnego odspojenia ocieplenia od ściany, czyli charakterystycznego wybrzuszenia powierzchni lub pęknięcia warstw systemu, oraz kiedy istnieje zagrożenie przemieszczenia ocieplenia względem ściany.

Ocieplenia przeznaczone do stosowania na ociepleniach istniejących nie różnią się zasadniczo od powszechnie wykorzystywanych materiałów ani układem i rodzajem warstw, ani techniką stosowania. Podstawowa różnica polega na sposobie mocowania mechanicznego. Oprócz warstwy zaprawy klejowej, do mocowania nowego ocieplenia konieczne jest zawsze zastosowanie łączników mechanicznych z trzpieniem stalowym, najlepiej wkręcanym lub ewentualnie wbijanym (zależnie od rodzaju podłoża ściennego). W większości rozwiązań tradycyjnych (w technologii ETICS) łączniki przechodzą przez wszystkie warstwy ocieplenia (starego i nowego) aż do podłoża nośnego, w którym mają być skutecznie zakotwione.

Firma quick-mix w ofercie systemowych rozwiązań ocieplenia ścian również posiada system ociepleniowy do stosowania na istniejące systemy, bez konieczności ich demontażu pod warunkiem że układ istniejący spełnia wyżej opisane kryteria. Rozwiązanie to nosi nazwę Lobatherm S-Line i jest przebadane i dopuszczone do stosowania w budownictwie na podstawie Aprobaty Technicznej Instytutu Techniki Budowlanej w Warszawie.

Sposób aplikacji składników systemu Lobatherm S-Line jest tożsamy z wykonywaniem „klasycznej” wersji montażu układu bezpośrednio do podłoża, ale zastosowane w układzie materiały stanowiące warstwy podbudowy dobrano tak, aby montaż, a przede wszystkim późniejsza eksploatacja zapewniały bezpieczeństwo i trwałość.

Mamy tu więc najwyższej jakości zaprawy klejowe i szpachlowe quick-mix SKS o dużej elastyczności, wzmocnione włóknami o bardzo dobrej przyczepności do podłoża.

Oprócz zapraw szpachlowych, jako wykończenie systemu przyjęto tynki strukturalne i farby fasadowe, charakteryzujące się wysokim stopniem odporności na wpływ czynników atmosferycznych i agresji mikrobiologicznej.



Tynki i farby fasadowe, dzięki innowacyjnemu systemowi barwienia quick-mix Color Select, również zachowują trwałą kolorystykę elewacji, także dla intensywnych lub ciemnych odcieni kolorystycznych.

Na szczególną uwagę w systemie Loabtherm S-Line zasługują:

» tynki silikonowe quick-mix dostępne w strukturze baranka (SHK) lub kornika (SHR), które oprócz w/w zalet są również sklasyfikowane jako A2-s1-d0 czyli niepalne, a także

» innowacyjne na rynku w zakresie produktów mineralnych tynki Hydrocon, które jako jedyne na polskim rynku produkowane są w oparciu o opatentowaną przez quick-mix formułę Hydro-Control, gwarantującą kontrolę wilgotności na powierzchni elewacji.

Tynki Hydrocon nie zawierają związków biocydowych, czyli środków uniemożliwiających rozwój porażenia mikrobiologicznego, są to produkty w pełni ekologiczne, niepalne, zapewniają też trwałą i estetyczną powierzchnię elewacji. ■

KONTAKT

quick-mix



quick-mix Sp. z o.o.
ul. Nyska 36, 57-100 Strzelin
tel. 71 392 72 20
e-mail: info@quick-mix.pl, www.quick-mix.pl

DR INŻ. KRZYSZTOF PAWŁOWSKI

104

WPŁYW USYTUOWANIA OCIEPLENIA OD WEWNĄTRZ NA PARAMETRY FIZYKALNE ZŁĄCZY BUDOWLANYCH

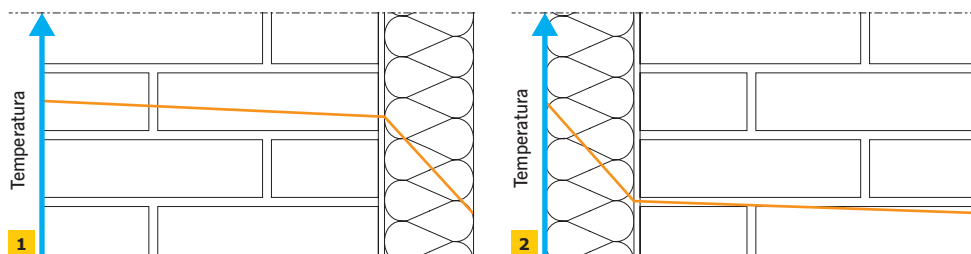
Ocieplenie od wewnątrz przegród zewnętrznych i ich złączy w wielu przypadkach staje się jedyną alternatywą rozwiązania materiałowego dla budynków objętych opieką konserwatorską lub wpisanych w rejestr zabytków.

Kolejność położenia poszczególnych warstw nie ma wpływu na izolacyjność termiczną całej przegrody, gdyż wynika on jedynie z sumy oporów cieplnych użytych materiałów. Jednak w przeciwieństwie do izolacji termicznej zewnętrznej wymaga bardziej szczegółowej analizy przegród, przede wszystkim ze względu na zjawiska wilgotnościowe (kondensacja powierzchniowa oraz międzywarstwowa). Dlatego dobór materiału izolacyjnego przy dociepleniu od wewnątrz wymaga wykonania miarodajnych obliczeń i analiz parametrów fizykalnych przegród zewnętrznych i ich złączy.

ROZWIĄZANIA MATERIAŁOWE DOCIEPLEŃ OD WEWNĄTRZ W ŚWIETLE WYMAGAŃ CIEPLNO-WILGOTNOŚCIOWYCH

Według rozporządzenie ministra infrastruktury zmieniającego rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie od 1 stycznia 2017 r. obowiązują nowe wartości graniczne współczynnika przenikania ciepła przegród zewnętrznych U_{cmax} (dla ścian zewnętrznych $U_{cmax} = 0,23 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$). Aby spełnić kryterium $U_c \leq U_{cmax}$, należy dobrać odpowiednią grubość zalecanego materiału termoizolacyjnego. Ocieplenie od wewnątrz wiąże się jednak ze zjawiskiem wnikania pary wodnej w strukturę przegrody i jej kondensacji. Na skutek niskiej temperatury otoczenia spada znacznie temperatura wewnątrz przegrody, powodując kondensację na styku warstwy konstrukcyjnej i izolacji cieplnej (**RYS. 1-2**).

Warstwa izolacji cieplnej od strony wewnętrznej przegrody oddziela konstrukcję muru od środowiska wewnętrznego, co wpływa na zmniejszenie pojemności cieplnej całego budynku i powoduje wprowadzenie całej warstwy konstrukcyjnej w strefę przemarzania. Podstawową zaletą ocieplenia od wewnątrz jest zmniejszenie ilości energii niezbędnej do ogrzania pomieszczeń o żądanej temperaturze oraz skrócenia czasu nagrzewania [2].



RYS. 1–2. Rozkład temperatur w przegrodzie z izolacją termiczną: ogrzewanie od strony zewnętrznej (1), ogrzewanie od strony wewnętrznej (2); rys.: archiwum autora

Do grupy materiałów do ocieplenia od wewnątrz można zaliczyć m.in.: silikat wapienny, płyty mineralne, płyty rezolowe, płyty klimatyczne, płyty perlitowe, płyty z wełny drzewnej. Wartości parametrów fizycznych przegród zewnętrznych i ich złączy zależą głównie od współczynnika przewodzenia ciepła λ [W/(m·K)], współczynnika oporu dyfuzyjnego μ [-], dyfuzyjnie równoważnej warstwy powietrza $s_d = \mu \cdot d$ [m] materiałów izolacyjnych. Szczegółową charakterystykę wybranych materiałów izolacyjnych przedstawiono w pracach [2, 3, 7].

OBLICZENIA WŁASNE

Ochrona cieplno-wilgotnościowa przegród zewnętrznych i ich złączy ocieplonych od wewnątrz polega na określeniu następujących parametrów fizycznych:

- » współczynnik przenikania ciepła przegrody zewnętrznej U_c (U_{1D}) [W/(m²·K)],
- » strumień cieplny przepływający przez przegrodę i złącze Φ [W],
- » współczynnik sprzężenia cieplnego L^{2D} [W/(m·K)],
- » liniowy współczynnik przenikania ciepła złącza budowlanego Ψ [W/(m·K)],
- » temperatura minimalna na wewnętrznej powierzchni przegrody w miejscu mostka cieplnego t_{min} [°C],
- » czynnik temperaturowy f_{Rsi} [-].

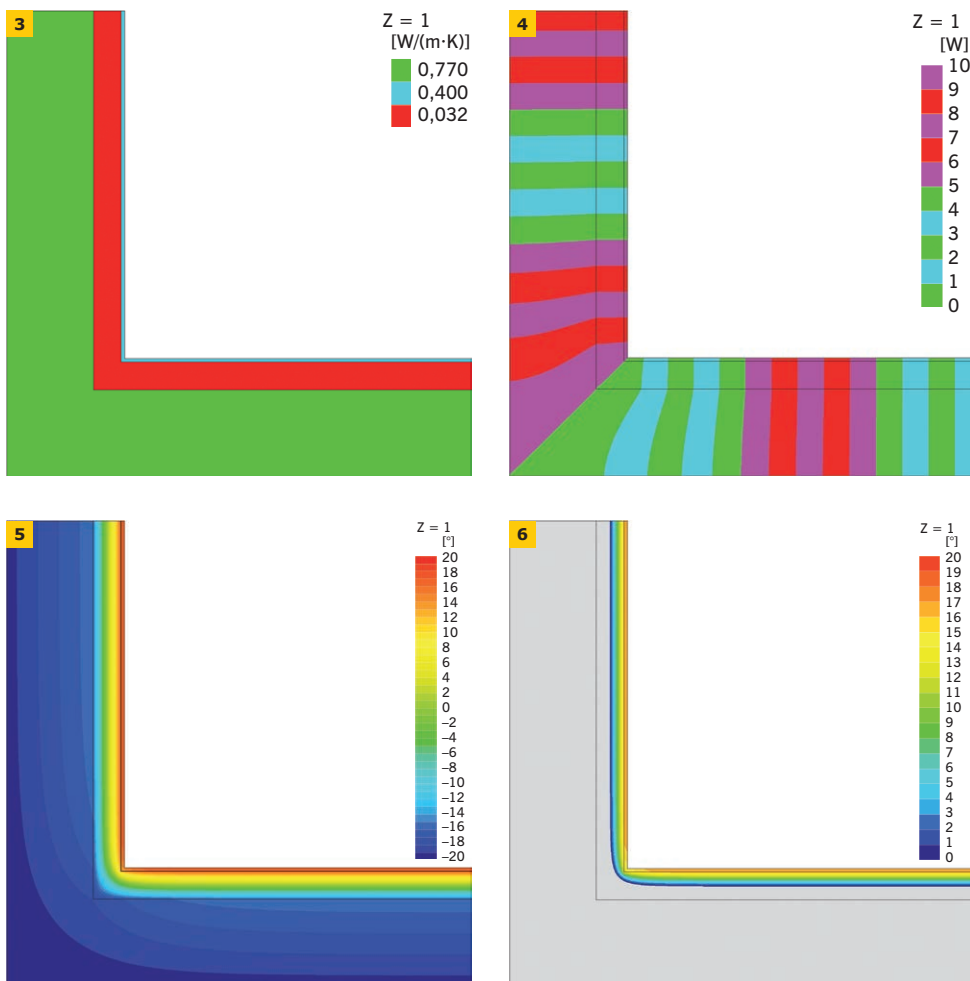
W artykule określono czynnik temperaturowy f_{Rsi} [-] dla pełnej ściany zewnętrznej: $f_{Rsi(1D)} = (1/U - R_{si}) / (1/U)$ oraz dla złącza budowlanego na podstawie temperatury minimalnej na wewnętrznej powierzchni przegrody wg PN-EN ISO 13788:2003 [4]: $f_{Rsi(2D)} = (t_{min} - t_e) / (t_i - t_e)$.

Do obliczeń własnych wytypowano narożnik ściany zewnętrznej ocieplonej od wewnątrz w dwóch wariantach:

- » $I_{(a)}$, $II_{(b)}$ – ocieplenie dwóch gałęzi narożnika (RYS. 3–6),
- » $II_{(a)}$, $II_{(b)}$ – ocieplenie jednej gałęzi narożnika (RYS. 7–10).

Przyjęto następujące założenia:

- » podział siatki obliczeniowej – 1 cm,
- » modelowanie złącza zgodnie z PN-EN ISO 10211:2008 [5],
- » warunki brzegowe: $t_i = 20^\circ\text{C}$, $t_e = -20^\circ\text{C}$, opór przejmowania ciepła: obliczenia strumienia cieplnego: $R_{si} = 0,13$ [(m²·K)/W], $R_{se} = 0,04$ [(m²·K)/W]; obliczenia rozkładu temperatur w złączu: $R_{si} = 0,13$ [(m²·K)/W] (dla ram i oszkleń) $R_{si} = 0,25$ [(m²·K)/W] (w pozostałych przypadkach), $R_{se} = 0,04$ [(m²·K)/W],



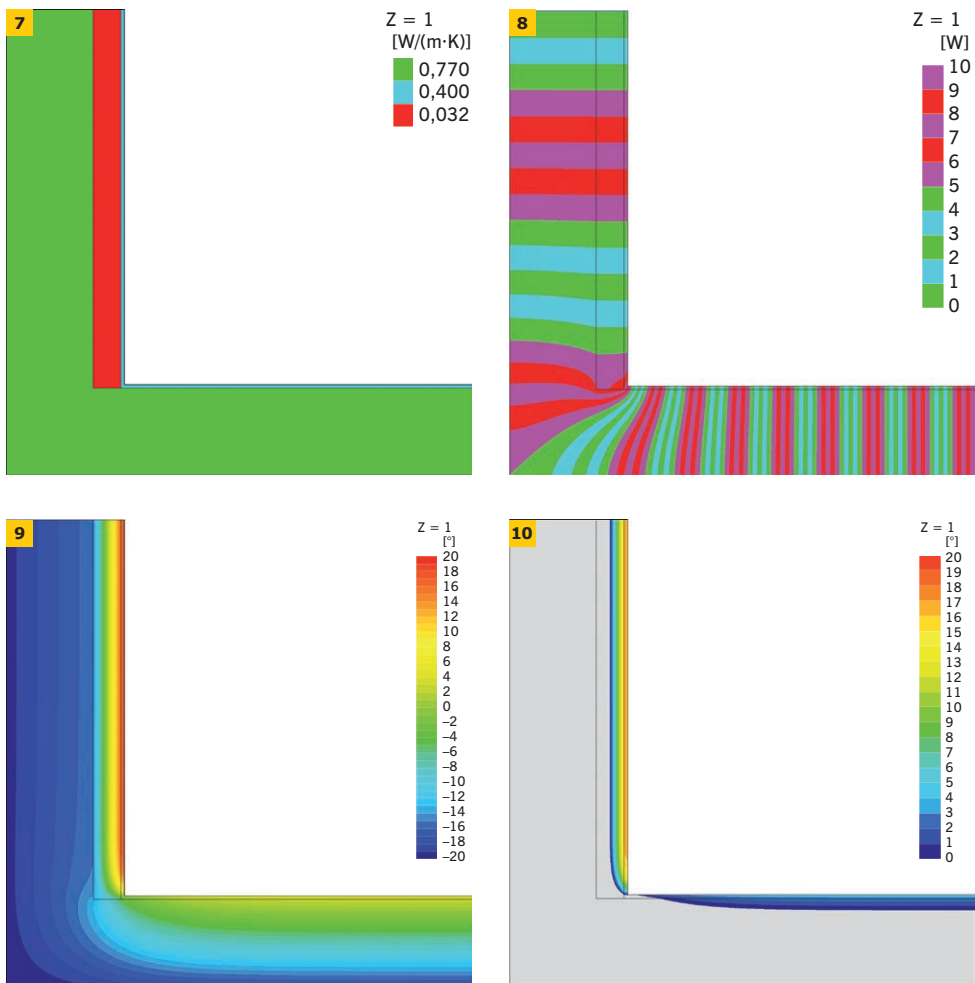
RYS. 3–6. Analizowany narożnik ścian zewnętrznych ocieplony od wewnątrz (dwie gałęzie): układ warstw materiałowych (3), linie strumieni ciepłych (adiabaty) (4), rozkład temperatur (izotermy) (5–6); rys.: archiwum autora

» ściana wewnętrzna dwuwarstwowa: cegła pełna gr. 25 cm – $\lambda = 0,77 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, płyty rezołowe gr. 8 cm (wariant I_(a), II_(a)) i 16 cm (wariant I_(b), II_(b)) – $\lambda = 0,022 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, tynk gipsowy gr. 1 cm – $\lambda = 0,40 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

Szczegółowe procedury obliczeniowe parametrów fizycznych przegród zewnętrznych i ich złączy przedstawiono w pracy [6]. Wyniki obliczeń zestawiono w TABELI.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Docieplenie od strony wewnętrznej jest powszechnie stosowanym działaniem w zakresie termomodernizacji istniejących budynków. Rozwiązanie ocieplenia ścian budynku od strony wnętrza zależy od następujących czynników: eksploatacja pomieszczeń, rodzaj materiału konstrukcyjnego



RYS. 7–10. Analizowany narożnik ścian zewnętrznych ocieplony od wewnątrz (jedna gałąź): układ warstw materiałowych (7), linie strumieni cieplnych (adiabaty) (8), rozkład temperatur (izotermy) (9–10); rys.: archiwum autora

ścian oraz materiału użytego do ocieplenia, technologia zamocowania dodatkowej termoizolacji. Niedopuszczalne jest projektowanie tego typu dociepleń na podstawie obliczeń przybliżonych,

Wariant obliczeniowy	U_c [W/(m ² ·K)]	$f_{Rsi.(1D)}$ [-]	Φ [W]	L^{2D} [W/(m·K)]	Ψ_i [W/(m·K)]	$t_{min.}$ [°C]	$f_{Rsi.(2D)}$ [-]
Ia	0,241	0,969	19,96	0,499	0,018	15,70	0,893
Ib	0,128	0,983	10,86	0,272	0,015	17,20	0,930
IIa	0,241/1,924	0,969/0,750	94,42	2,361	0,174	-0,31	0,492
IIb	0,128/1,924	0,983/0,750	89,75	2,244	0,172	0,10	0,503

TABELA. Wyniki obliczeń parametrów fizycznych analizowanych narożników ścian zewnętrznych ocieplonych od wewnątrz

np. dotyczących tylko płaskiej przegrody, określając współczynnik przenikania ciepła U_c i czynnik temperaturowy $f_{Rsi(1D)}$. Zasadne staje się wykonanie symulacji komputerowej dotyczącej analizy stanu wilgotnościowego przegrody w określonym okresie eksploatacji. Wyniki w zakresie kondensacji międzywarstwowej, przy zróżnicowanym zastosowaniu materiału termoizolacyjnego, zaprezentowano w pracach [2, 3, 7].

W przypadku narożnika ścian zewnętrznych określono dodatkowe straty ciepła (strumień ciepły Φ [W], współczynnik sprężenia cieplnego L^{2D} [W/(m·K)] i liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ_i [W/(m·K)]) oraz temperaturę minimalną na wewnętrznej powierzchni przegrody t_{min} [°C] i czynnik temperaturowy $f_{Rsi(2D)}$ – **TABELA**. Wartości dodatkowych strat ciepła wynikających z występowania mostka cieplnego (narożnik ścian zewnętrznych ocieplony od wewnątrz) zależą od rodzaju i grubości materiału termoizolacyjnego. Należy zwrócić uwagę, że ocieplenie od wewnątrz tylko jednej gałęzi narożnika powoduje znacznie wyższe dodatkowe straty ciepła (Φ , L^{2D} , Ψ_i) oraz obniżenie temperatury na wewnętrznej powierzchni przegrody (t_{min} , $f_{Rsi(2D)}$). Takie rozwiązanie powoduje ryzyko występowania kondensacji na wewnętrznej powierzchni przegrody (rozwój pleśni i grzybów pleśniowych), kondensacji międzywarstwowej oraz zwiększenie ilości energii koniecznej do ogrzania pomieszczeń o żądanej temperaturze. Zasadne staje się prowadzenie dalszych obliczeń złączy przegród ocieplonych od wewnątrz i opracowanie katalogu tego typu rozwiązań materiałowych.

LITERATURA

1. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 13 sierpnia 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU z 2008 r. nr 201, poz. 1238 ze zm.).
2. M. Wesołowska, K. Pawłowski, „Aspekty związane z dostosowaniem obiektów istniejących do standardu budownictwa energooszczędnego”, Agencja Reklamowa TOP, Włocławek 2016.
3. M. Dybowska-Józefiak, K. Pawłowski, „Analiza rozwiązań materiałowych przegród zewnętrznych ocieplonych od wewnątrz”, „Materiały budowlane” 1/2017, s. 31–33.
4. PN-EN ISO 13788: 2003, „Ciepłno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku, Temperatura powierzchni wewnętrznej umożliwiająca uniknięcie krytycznej wilgotności powierzchni wewnętrznej kondensacji, Metody obliczania”.
5. PN-EN ISO 10211:2008, „Mostki cieplne w budynkach. Strumienie ciepła i temperatury powierzchni. Obliczenia szczegółowe”.
6. K. Pawłowski, „Projektowanie przegród zewnętrznych w świetle aktualnych warunków technicznych dotyczących budynków. Obliczenia ciepłno-wilgotnościowe przegród zewnętrznych i ich złączy”, Grupa MEDIUM, Warszawa 2016.
7. M. Dybowska-Józefiak, K. Pawłowski, „Renowacja ścian zewnętrznych budynków ocieplonych od wewnątrz – wybrane aspekty fizyczne”, „Materiały budowlane” 11/2015, s. 128–130.

KRZYSZTOF PAWŁOWSKI ukończył kierunek budownictwo na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy. Pracuje w Katedrze Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli na Wydziale Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska UTP w Bydgoszczy. Przedmiotem jego zainteresowań badawczych jest kształtowanie zewnętrznych przegród budowlanych i ich złączy w aspekcie ciepłno-wilgotnościowym. Jest autorem i współautorem 4 monografii i 80 artykułów w zakresie budownictwa ogólnego, fizyki budowli i materiałów budowlanych. Posiada uprawnienia do wykonywania świadectw charakterystyki energetycznej budynków i lokali.

Kooltherm® K3 Izolacja posadzek

NIEODZOWNY ELEMENT PLANU
DOSKONAŁEGO WNĘTRZA



Kingspan Kooltherm® K3 Izolacja posadzek o wartości λ już od 0,020 W/(m·K), niskiej wadze i stabilnych właściwościach termoizolacyjnych. Prosty montaż, długa żywotność i przyjazny stosunek do środowiska. Odpowiednia do stosowania z ogrzewaniem podłogowym. Do nowych i remontowanych budynków. Nieznaczna grubość nie zabiera przestrzeni, dzięki czemu eliminuje ryzyko kosztownych modyfikacji budowlanych.

www.kingspaninsulation.pl


Kingspan®

SYSTEM IZOLACJI WEWNĘTRZNEJ ŚCIAN – SUPERWAND DS.®

Nowoczesny i łatwy w montażu system izolacji wewnętrznej ścian to skuteczny sposób na wyeliminowanie przyczyny powstawania grzybów.

DLACZEGO NA ŚCIANACH POWSTAJĄ PLEŚŃ I GRZYBY?

W 95% powodem pojawienia się wilgoci na wewnętrznej stronie ścian szczytowych jest kondensacja wilgoci znajdującej się w powietrzu pomieszczenia, prowadząca do tworzenia się na ścianach czarnych plam, pleśni lub zagrzybienia.

Zjawisko to obserwujemy często wewnątrz pomieszczeń – na słabo izolowanych i tym samym zimnych ścianach szczytowych. Powie-

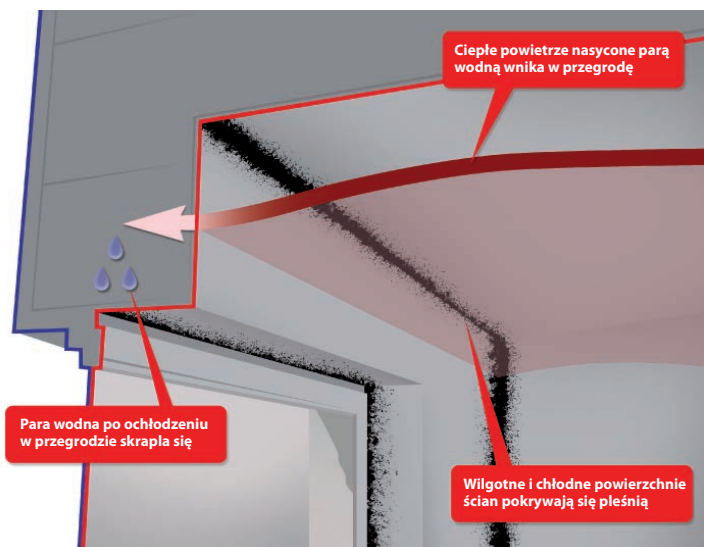
trze w pomieszczeniu ma temperaturę 22°C, a temperatura ściany często wynosi nie więcej niż 8°C, co daje nam różnicę temperatury 14°C. Ciepłe powietrze po kontakcie z zimną ścianą ochładza się i dochodzi do zjawiska skraplania się pary wodnej – na ścianie pojawia się wilgoć, która z kolei przyjmuje kurz znajdujący się w powietrzu – jest to idealne podłoże dla rozwoju pleśni i grzybów. Ściana początkowo szarzeje, następnie robi się czarna, w końcu pojawia się zagrzybienie (FOT. 2).

Aby zapobiec temu zjawisku, konieczna jest izolacja termiczna zimnej ściany – najlepsza będzie izolacja zewnętrzna. Jeżeli jednak nie jest ona możliwa (np. przy obiektach zabytkowych czy budynkach spółdzielczych nie poddanych izolacji termicznej) możemy zastosować Superwand DS.® do izolacji ściany od wewnątrz.



FOT. 1. Superwand DS.® to skuteczny system izolacji wewnętrznej ścian

FOT. 2. Ściana
szczytowa bez izolacji



111

JAK ROZWIĄZAĆ PROBLEM PLEŚNI I WILGOCI NA ŚCIANACH?

Ściana szczytowa musi być tak ocieplona, aby temperatura na jej powierzchni nie powodowała kondensacji pary wodnej zawartej w powietrzu.

W tym celu z sukcesem od przeszło 20 lat w Szwajcarii, od 10 lat w Niemczech i od 3 lat w Polsce stosuje się płytę i klin Superwand DS.®. Co roku remontowanych jest przeszło 30 tys. obiektów. Roczna sprzedaż produktu w 2012 r. przekroczyła 300 tys. m². To skuteczny sposób na wyeliminowanie przyczyny powstawania grzybów.

Płyty i kliny Superwand DS.® są obustronnie pokryte celulozowo-aluminiową warstwą paroszczelną. Warstwa ta uniemożliwia przenikanie wilgotnego powietrza i tym samym wilgoci z pomieszczenia do zimnej ściany. Między izolacją a ścianą nie ma wilgoci, więc grzyb nie może powstać (Superwand DS.® zapobiega powstawaniu grzyba – przed jego nałożeniem należy grzyb usunąć) (FOT. 3).

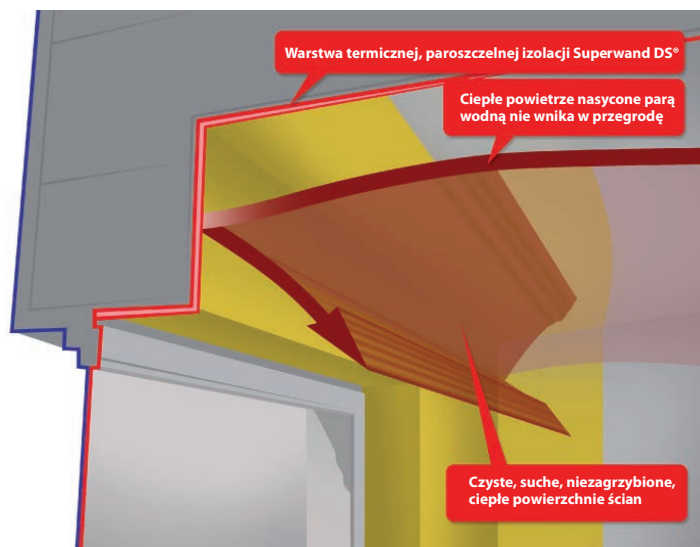
Płyta Superwand DS.® posiada wewnątrz 5-, 10- lub 20-milimetrową warstwę z poliuretanu o wartości $\lambda = 0,025 \text{ W/m}\cdot\text{K}$. Tym samym produkt ma bardzo dobre właściwości izolacyjne, tak ważne wobec ciągle rosnących cen energii.

Przy naklejeniu płyt na ścianę z cegiel o grubości 24 cm przenikliwość ciepła przy zastosowaniu płyty o grubości 10 mm zmniejsza się o 40%, a przy płycie o grubości 20 mm – nawet o 56%.

NA KŁOPOTY SUPERWAND DS.®

W przypadku problemów z przemarzaniem ścian szczytowych w miesiącach jesienno-zimowych, szukamy często różnych rozwiązań – styropian jako izolacja od wewnątrz nie jest skuteczny – nie jest paroszczelny i przechodząca przez niego wilgoć w dalszym ciągu wykraplałaby się na ścianie szczytowej powodując jej zagrzybienie. Nie zawsze można też zastosować izolację od strony zewnętrznej ściany. Można wtedy zastosować izolację wewnętrzną w oparciu o system zabudo-

FOT. 3. Ściana z izolacją
Superwand DS.®



wy złożony ze stelaża i wełny mineralnej – jest to jednak bardzo pracochłonne i zabiera sporo przestrzeni w izolowanych pomieszczeniach.

W takiej sytuacji sprawdzają się płyty Superwand DS.® – nowoczesny, paroszczelny system izolacji firmy Korff, producenta uznanego na rynkach zachodnich. Jego zaletą jest także łatwość montażu.

Dzięki zastosowaniu płyt w pomieszczeniu robi się ciepło i przytulnie, ściana nie jest już „zimna”, a temperatura w mieszkaniu jest bardziej stabilna. I wszystko to można osiągnąć w dwa–trzy dni, bez gruntownego remontu.

Dzięki systemowi Superwand DS.® problemy ze źle izolowanymi ścianami zewnętrznymi, grzybem i pleśnią staną się jedynie niemiłym wspomnieniem. ■

KONTAKT

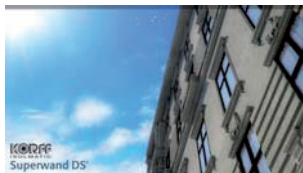
KORFF
ISOLMATIC

KORFF Isolmatic Sp. z o.o.
ul. Lotnicza 12, Wojnarowice
55-050 Sobótka 1
tel.: 71 39 09 099
faks: 71 39 09 100
e-mail: info@korff.pl
www.korff.pl, www.superwand.pl

System izolacji wewnętrznej Superwand DS.® – opis montażu

System Superwand DS.®, coraz powszechniej stosowany na naszym rynku, aby spełniał swoją funkcję, powinien być właściwie montowany. Spotykając się z pytaniami, przedstawiamy obrazkowy opis montażu systemu:

KORFF
ISOLMATIC



elevacja bez możliwości ingerencji



niezbędne narzędzia do aplikacji Superwand DS.®



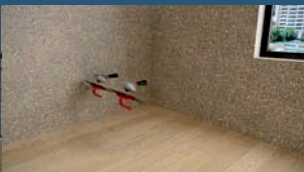
o ile występuje zagrzybienie na izolowanej ścianie, należy je fachowo usunąć za pomocą środków chemicznych



jeśli nie da się usunąć zagrzybienia chemicznie, bądź ściana ma poważną erozję powierzchni, usuwamy je mechanicznie



przed klejeniem Superwand DS.® gruntujemy ścianę



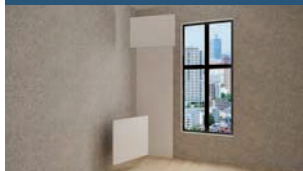
klej elastyczny do płytek ceramicznych nakładamy na drobną pacę zębatą



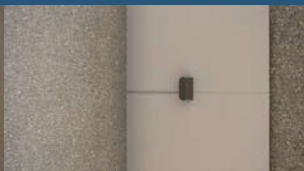
za pomocą pacy zębatej nakładamy klej na całą powierzchnię ściany (uwaga nie kleimy na tzw. placki)



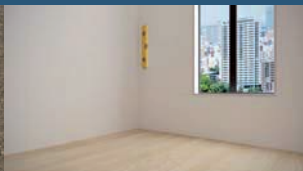
przed naklejeniem płyt pokrywamy ich boczne krawędzie masą akrylową w celu doszczelnienia łączeń klejonych płyt



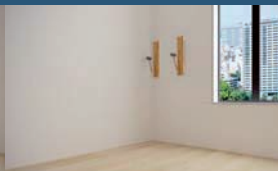
płyty kleimy od dołu ku górze ściany; dociełym elementem u góry zaczynamy ponowne klejenie kolejnej kolumny płyt od dołu



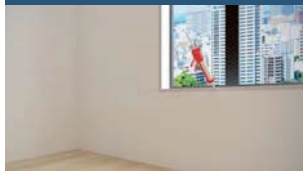
nadmiar akrylu po docięściu płyt na ścianie zbieramy gumową szpachelką



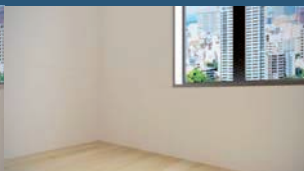
po naklejeniu płyt sprawdzamy ich wypionowanie i wypoziomowanie



jeśli to konieczne, płyty wyrównujemy za pomocą deseczki i gumowego młotka



tam, gdzie komórki poliuretanu (krawędzie płyt) zostają otwarte, pokrywamy je masą akrylową w celu zachowania paroszczelności systemu



na krawędzie pokryte akrylem aplikujemy aluminiowe narożniki



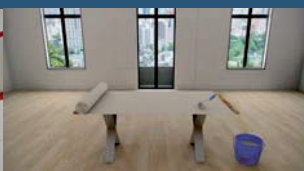
przy aplikacji klina, w rogach docinamy go pod kątem 45 stopni, tak aby mógł ułożyć się w narożniku



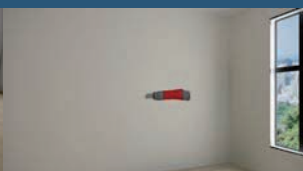
kliny kleimy w celu uniknięcia mostków termicznych na stropie



jeśli musimy w izolacji wyciąć otwór pod kolek, gwóźdź itp., wypełniamy go akrylem w celu zachowania paroszczelności systemu



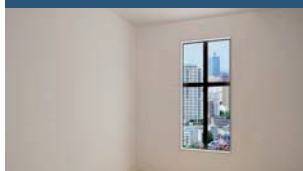
izolowaną powierzchnię możemy dowolnie dekorować; przed tapetowaniem należy ją zagruntować; przed malowaniem całą powierzchnię pokrywamy fizeliną malarską



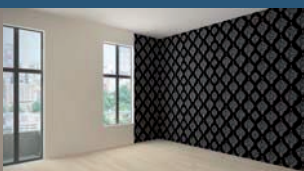
fizelinę kleimy na zakładkę, a pasek nadmiaru docinamy nożykiem i usuwamy go – otrzymujemy jednolitą powierzchnię malarską



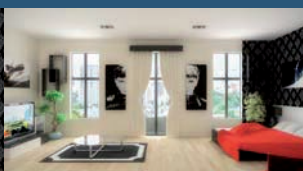
po naklejeniu ponownie zaclagamy fizelinę klejem, aby uzyskać dodatkowo utwardzoną powierzchnię



po wykonaniu izolacji i jej obróbce uzyskujemy estetycznie zaizolowaną ścianę gotową do dalszej dekoracji



ściany możemy malować, tapetować, kafelkować itp., zachowując stosowne kroki opisane uprzednio przy wykonywaniu izolowanej powierzchni



w efekcie nie zmniejszając naszej powierzchni mieszkalnej (grubość izolacji 5, 10 lub 20 mm) mamy docieplone pomieszczenie wolne od pleśni i grzyba!

Superwand DS.

Jesteśmy przekonani, iż powyższe slajdy pomogą jeszcze lepiej poznać zalety izolacji, jak również w pełni korzystać z prostoty montażu i cieszyć się właściwościami, jakie uzyskujemy po wykonaniu prac z wykorzystaniem Superwand DS.®

Zapraszamy na naszą stronę www.superwand.pl, gdzie dodatkowo można zobaczyć animację montażu.

PROF. DR HAB. INŻ. BRONISŁAW GOSOWSKI

114

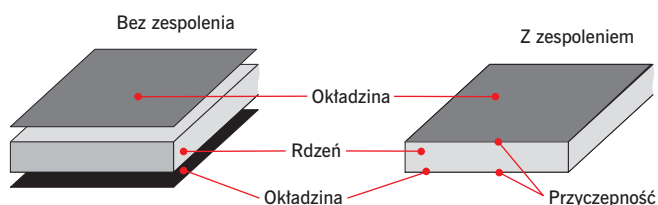
PROBLEMY PROJEKTOWE I WYKONAWCZE ZWIĄZANE Z OBUDOWĄ Z PŁYT WARSTWOWYCH

Panele warstwowe to jeden z trudniejszych wyrobów budowlanych – zarówno pod względem wytwarzania, projektowania, jak i wykonania z nich lekkiej obudowy. Równie ważna jest kwestia połączeń paneli z konstrukcją wsporczą.

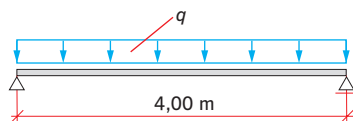
Idea paneli warstwowych polega na zespoleniu ze sobą trzech warstw z materiałów o różnych właściwościach, a mianowicie: rdzenia izolacyjnego, zdolnego do przenoszenia w ustroju zginanym wyłącznie sił poprzecznych (naprężeń ścinających), oraz obustronnie – okładzin z płaskiej lub profilowanej blachy, zdolnych do przenoszenia naprężeń normalnych (ściskających lub rozciągających), równoważących w rozpatrywanym ustroju momenty zginające. Należy przy tym dodać, że element zginany utworzony z wymienionych warstw bez ich zespolenia charakteryzuje się praktycznie zerową nośnością (RYS. 1).

Panele (płyty) warstwowe, poddane zginaniu w konsekwencji zespolenia w nich warstw materiałów o zróżnicowanych właściwościach, będą się deformować inaczej niż następuje to w tradycyjnych ustrojach belkowych. Zilustrowano to na RYS. 2–3.

Jest wielu producentów paneli (płyt) warstwowych przeznaczonych do wykonywania lekkiej obudowy obiektów budowlanych. Produkowane są przy tym (zdecydowanie różniące się od siebie) panele ścienne

Nośność $q \approx 0$ Nośność $q = 1,8 \text{ kN/m}^2$

Schemat:



Przykład:

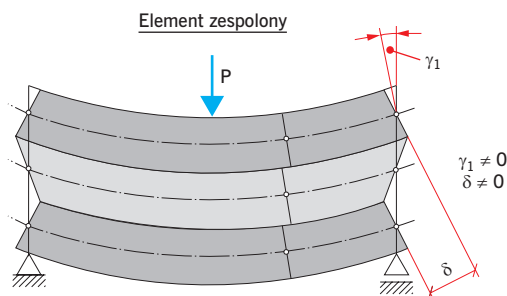
Okładzina: $t = 0,5 \text{ mm}$
 Rdzeń: PUR, $\rho = 45 \text{ kg/m}^3$, $d = 60 \text{ mm}$
 Szerokość: $b = 1,00 \text{ m}$
 Obciążenie: krótkotrwałe

RYS. 1. Idea zespolenia
w panelach (płytach)
warstwowych;

rys.: archiwum autora

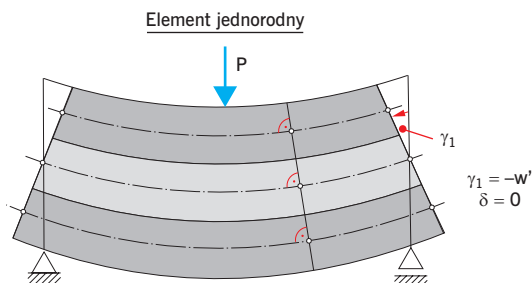
2

sztywność
ścianania
 $0 < G < \infty$



3

sztywność
ścianania
 $G = \infty$

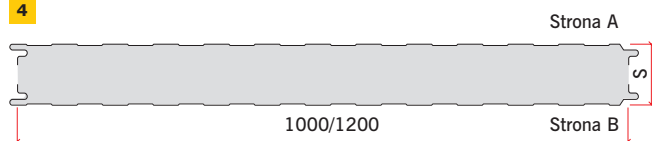


w sposób bezpośredni lub pośredni. Ten pierwszy może być zrealizowany jako widoczny lub zakryty, a ten drugi jest zwykle zakryty. Cechą charakterystyczną wszystkich połączeń stosowanych w lekkiej obudowie (11), (12) jest ich odmiennosc w porównaniu z tradycyjnymi połączeniami trzpieniowymi stosowanymi w konstrukcjach metalowych, głównie w zakresie zachowania się i mechanizmów zniszczenia.

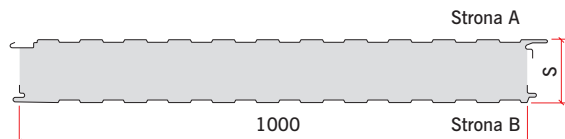
W oferowanych systemach lekkiej obudowy dominuje obecnie łączenie bezpośrednie, za pomocą wkrętów samowiercących, które jest mniej kłopotliwe w realizacji. Jedynie w przypadku niektórych producentów paneli warstwowych proponuje się specjalne połączenia pośrednie.

Jest niewielu producentów wkrętów samowiercących lub samogwintujących, przeznaczonych

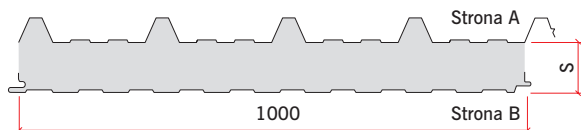
4



5



6



RYS. 2–3. Deformacja zginanego elementu warstwowego: element zespolony (2) i jednorodny (3);

rys.: *archiwum autora*

i dachowe (RYS. 4-6). Rdzeń paneli wykonany jest zazwyczaj ze styropianu, poliuretanu lub wełny mineralnej. Okładziny natomiast są zwykle z blachy stalowej płytково-głębokoprolifowanej.

POŁĄCZENIA Z KONSTRUKCJĄ WSPORCZA

Panele warstwowe lekkiej obudowy mogą być łączone z konstrukcją wsporczą

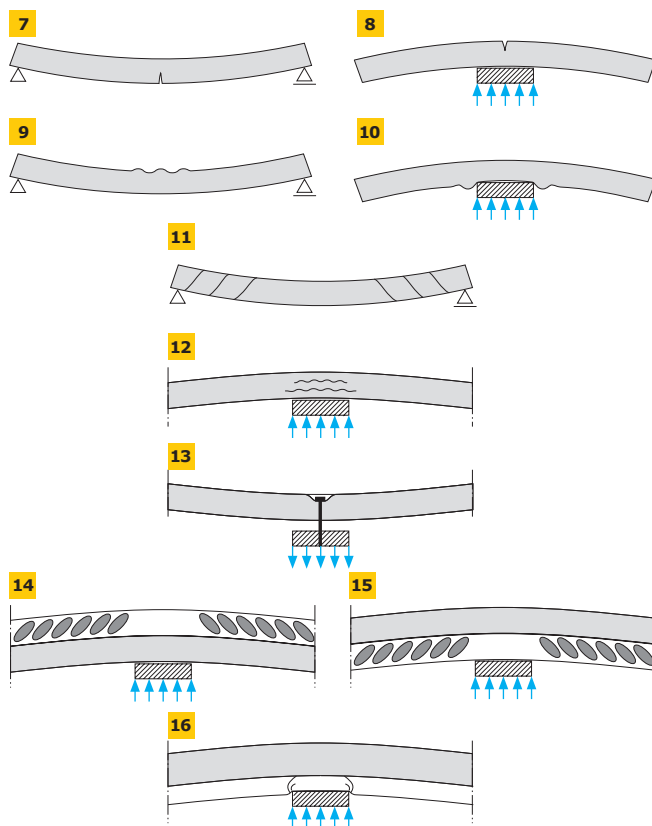
do łączenia paneli warstwowych. Warto zwracać uwagę na zamieszczone w aprobatkach nośności wkretów niezbędne do projektowania połączeń paneli warstwowych z konstrukcją wsporną. Ważne są przy tym

RYS. 4–6. Przykłady paneli warstwowych: ściennych standardowych (4), ściennych umożliwiających zakrycie łączników (5), dachowych z zewnętrzną okładziną trapezową (6);

rys.: archiwum autora

RYS. 7–16. Mechanizmy zniszczenia paneli warstwowych lekkiej obudowy: okładziny rozciąganej w przęśle lub nad podporą pośrednią (7, 8), krytycznej okładziny ściskanej w przęśle lub nad podporą pośrednią (9, 10), rdzenia na ścinanie w strefie podpory (11), rdzenia na ściskanie nad podporą skrajną lub pośrednią (12), lokalnej okładziny w strefie łba wkrętu na przeciąganie lub załamanie (13), krytycznej na ścinanie środkników wysokoprofilowanej okładziny w strefie podpory (14, 15), na zgniecenie fałdy wysokoprofilowanej okładziny nad podporą (16);

rys.: archiwum autora



nie tylko wartości nośności, odpowiadające poszczególnym mechanizmom zniszczenia, lecz także warunki, w jakich te nośności zostały wyznaczone.

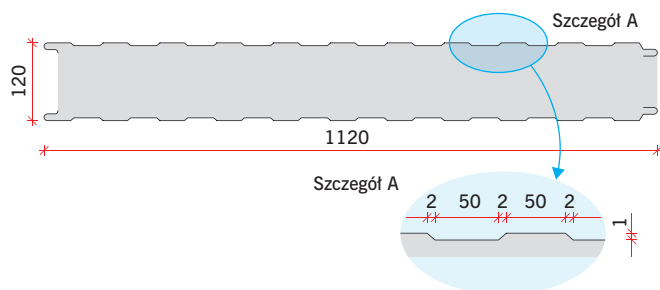
POSTACIE ZNISZCZENIA PANELI (PŁYT) WARSTWOWYCH LEKKIEJ OBUDOWY

W panelach warstwowych lekkiej obudowy, które poddane są z reguły zginaniu w wyniku obciążenia własnego, wiatrem, śniegiem i temperaturą, mogą wystąpić następujące mechanizmy zniszczenia wskutek przekroczenia nośności:

- » okładziny rozciąganej w przęśle lub nad podporą pośrednią (**RYS. 7, 8**),
- » krytycznej okładziny ściskanej w przęśle lub nad podporą pośrednią (**RYS. 9, 10**),
- » rdzenia na ścinanie w strefie podpory (**RYS. 11**),
- » rdzenia na ściskanie nad podporą skrajną lub pośrednią (**RYS. 12**),
- » lokalnej okładziny w strefie łba wkrętu na przeciąganie lub załamanie (**RYS. 13**),
- » krytycznej na ścinanie środkników wysokoprofilowanej okładziny w strefie podpory (**RYS. 14, 15**),
- » na zgniecenie fałdy wysokoprofilowanej okładziny nad podporą (**RYS. 16**).

BADANIA NOŚNOŚCI ZGINANYCH PANELI (PŁYT) WARSTWOWYCH

W laboratorium Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej przeprowadzono w okresie ostatnich 20. lat, w ramach prac dyplomowych, a także na zlecenie różnych instytucji, kompleksowe badania doświadczalne paneli warstwowych o rdzeniu ze styropianu, poliuretanu i wełny



RYS. 17. Przekrój poprzeczny badanych paneli warstwowych;

rys.: archiwum autora

mineralnej. Wyniki tych badań, obejmujących z reguły badania: właściwości rdzenia i jego przyczepności do okładzin, belek i paneli warstwowych

na zginanie, parametrów wytrzymałościowych okładzin, a także połączeń paneli z konstrukcją wsporczą (płattwiami, ryglami ściennymi), całościowo przedstawione zleceńodawcom w odpowiednich raportach, były ponadto publikowane w wersji skróconej na różnych konferencjach ([3], [4], [5]). W artykule przedstawiono wyniki badań doświadczalnych na zginanie paneli warstwowych o rdzeniu z wełny mineralnej [4].

BADANIA NA ZGINANIE PANELI O RDZENIU Z WEŁNY MINERALNEJ

Badania obejmowały trzy ścienne panele warstwowe o szer. modularnej 1100 mm i gr. 120 mm. Na **RYS. 17** pokazano przekrój badanych paneli warstwowych.

Rdzeń paneli warstwowych wykonany był z wełny mineralnej w postaci płyt lamelowych gr. 120 mm, stałej długości 120 cm i zróżnicowanej szerokości: 18 cm, 50 cm lub 60 cm (ułożonych w cegielkę), a okładziny z płytkoprofilowanych blach stalowych gr. 0,55 mm, obustronnie ocynkowanych i powleczonych lakierami. Ciągłe połączenie rdzenia z okładzinami wykonano za pomocą kleju poliuretanowego.

Panele warstwowe badano na zginanie jako jednoprzęsłowe, swobodnie podparte, o rozpiętości przęsła L równej 3,0 m w przypadku badania sztywności oraz 5,50 m lub 4,15 m w przypadku badania nośności. Badane panele były oznaczone odpowiednio: PWzu1, 2, 3 (ugięcie), PWzn1, 2, 3 (nośność) i PWzn2*, 3* (nośność).

Obciążenie badanych paneli, przyjęte jako równomiernie rozłożone na ich powierzchni, realizowano za pomocą odpowiednio rozmieszczonych na panelach woreczków z piaskiem o masie równej 10 kg. Ugięcia paneli w połowie rozpiętości mierzono za pomocą dwóch lub trzech czujników indukcyjnych. Stosowano przy tym czujniki o dokładności 0,01 mm i zakresie 100 mm.

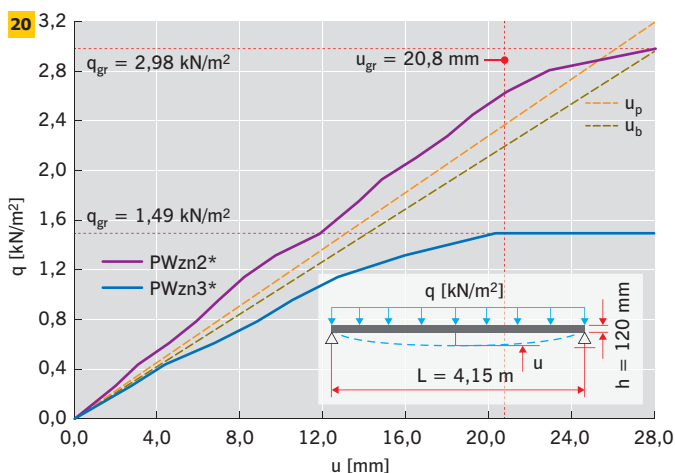
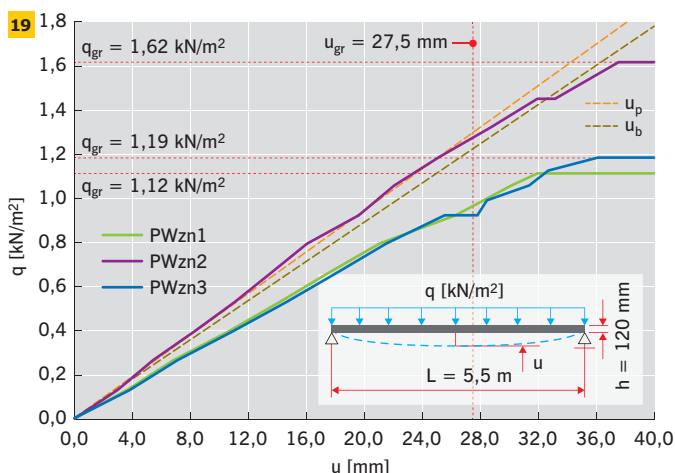
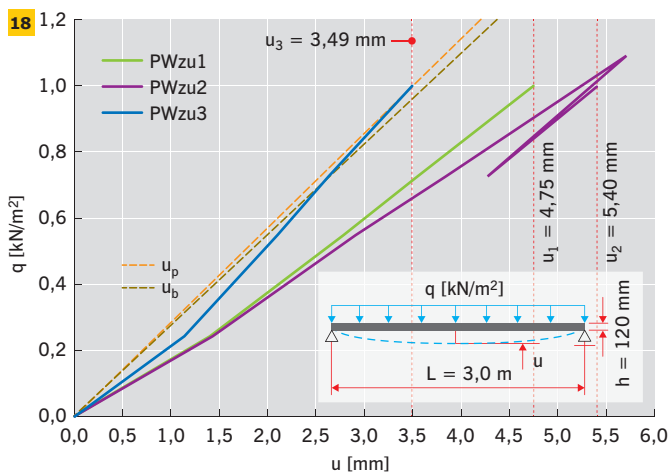
Trzy panele, oznaczone symbolem PWzu i kolejnymi cyframi od 1 do 3, miały rozpiętość $L = 3,0$ m i były badane na zginanie w celu określenia ich sztywności. Badania polegały na sprawdzeniu, czy maksymalne ugięcie paneli pod działaniem obciążenia $q = 1,0$ kN/m² nie przekroczy wartości 5,0 mm, uznanej w aprobachie technicznej ITB AT-15-4418/2003 [6] jako maksymalna dopuszczalna. Otrzymane z tych badań zależności ugięcia od obciążenia pokazano na **RYS. 18**. Jak łatwo zauważyć, sztywności na zginanie badanych paneli warstwowych są bardzo zróżnicowane. Najmniejsze ugięcia zarejestrowano w przypadku panelu PWzu3, a największe – w wypadku panelu PWzu2. Ugięcie tego ostatniego panelu przy obciążeniu $q = 1,0$ kN/m² przekroczyło wartość graniczną podaną w aprobachie AT-15-4418/2003 [6]. Przyczyną tak dużego zróżnicowania sztyw-

RYS. 18–20. Wyniki badań doświadczalnych paneli warstwowych na zginanie;
rys.: archiwum autora

ności na zginanie badanych paneli jest różna realizacja rdzenia, który został wykonany odpowiednio z płyt wełny mineralnej o szerokościach 50 + 60 cm lub 6×18 cm. Warto ponadto dodać, że panel PWzu2, który był badany jako pierwszy, został omyłkowo nieznacznie przeciążony, po czym skorygowano jego obciążenie do wymaganej wartości $q = 1,0 \text{ kN/m}^2$. Dopuszczalna wartość ugięcia tego panelu została przekroczona zarówno w pierwszym, jak i w drugim cyklu obciążenia.

Następnie trzy panele o rozpiętości $L = 5,50 \text{ m}$, oznaczone symbolem PWzn i kolejnymi cyframi od 1 do 3, poddano badaniom nośności na zginanie. Panele badane były jednorazowo, aż do zniszczenia. Otrzymane z tych badań zależności ugięcia u w połowie rozpiętości paneli od ich obciążenia q przedstawiono liniami ciągłymi na RYS. 19.

Zniszczenie modelu PWzn1 nastąpiło przy obciążeniu zewnętrznym $q = 1,12 \text{ kN/m}^2$. Nastąpiło ono nagle, wskutek lokalnej utraty stateczności okładziny górnej (ściskanej), na ca-



tej szerokości panelu, w pobliżu połowy jego rozpiętości. Panel miał wprawdzie w tym miejscu styki poprzeczne rdzenia, lecz ze względu na rozkład sił poprzecznych nie wystąpiły na nich poślizgi. W strefie zniszczenia panelu okładzina ściskana oderwała się od rdzenia i przemieściła do góry, mimo ułożonych na niej woreczków z piaskiem.

Zniszczenie modelu PWzn2 nastąpiło przy obciążeniu zewnętrznym $q = 1,62 \text{ kN/m}^2$. Mechanizm zniszczenia był inny niż w modelu PWzn1. Nastąpił mianowicie poślizg rdzenia wzdłuż jego nie sklejonych styków poprzecznych, w odległości 0,50–0,75 m (ok. $L/8$) od podpory. Rdzeń tego panelu wykonany był z płyt wełny mineralnej o dł. 120 cm i szer. 50 cm oraz 60 cm.

Zniszczenie modelu PWzn3 nastąpiło nagle przy obciążeniu zewnętrznym $q = 1,19 \text{ kN/m}^2$. Mechanizm zniszczenia przypominał to, co zaobserwowano w modelu PWzn1, lecz miejscowa utrata stateczności okładziny górnej (ściskanej) nastąpiła poza środkiem rozpiętości, w strefie niesklejonych styków rdzenia w odległości 1,25–1,50 m (ok. $L/4$) od podpory. Rdzeń tego panelu wykonany był z płyt wełny mineralnej o dł. 120 cm i szer. 18 cm.

Z modeli, które uległy zniszczeniu w strefach przypodporowych, wykonano dwa dodatkowe modele do badań nośności na zginanie na panelach o rozpiętości $L = 4,15 \text{ m}$. Oznaczono je odpowiednio przez dodanie do poprzedniego symbolu gwiazdki. Podobnie jak wcześniej, panele były badane jednorazowo, aż do zniszczenia. Otrzymane z tych badań zależności ugięcia u w połowie rozpiętości paneli od ich obciążenia q przedstawiono liniami ciągłymi na **RYS. 20**.

Zniszczenie modelu PWzn2* nastąpiło przy obciążeniu zewnętrznym $q = 2,98 \text{ kN/m}^2$ (dwie warstwy woreczków z piaskiem). Nastąpiło ono nagle, wskutek miejscowej utraty stateczności okładziny górnej (ściskanej), na całej szerokości panelu, w odległości ok. 1,25 m od podpory. Panel miał w tym miejscu niesklejone styki poprzeczne rdzenia, na których poślizg zainicjował miejscową utratę stateczności okładziny ściskanej. W strefie zniszczenia panelu okładzina oderwała się od rdzenia i przemieściła do góry, mimo ułożonych na niej dwóch warstw woreczków z piaskiem.

Zniszczenie modelu PWzn3* nastąpiło nietypowo, przy obciążeniu zewnętrznym $q = 1,49 \text{ kN/m}^2$, wskutek częściowego odklejenia się, na długości ok. 50 cm od jednej z podpór, okładziny górnej i dolnej od rdzenia. W konsekwencji tego panel zsunął się i spadł z tej podpory.

ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ PANELI O RDZENIU Z WEŁNY MINERALNEJ

Wyniki badań poszczególnych modeli, przedstawione liniami ciągłymi na wykresach zamieszczonych na **RYS. 18–20**, uzupełniono poziomymi, pionowymi oraz ukośnymi liniami przerywanymi. Liniami poziomymi naniesiono obciążenia graniczne, przy których nastąpiło zniszczenie modeli, a pionowymi normowe ugięcia graniczne wynoszące dla paneli ściennych – $L/200$ [7]. W przypadku modeli PWzu1, 2, 3 (**RYS. 18**) ugięcie graniczne wynosi 15,0 mm, w związku z czym nie można go było pokazać na wykresach. Na **RYS. 18** nie ma też – ze względów oczywistych – linii obciążeń granicznych. Liniami ukośnymi naniesiono natomiast teoretyczną zależność ugięcia jednoprzęsłowych paneli warstwowych od ich obciążenia, zgodną z normą PN-B-03230:1984 [7]. Po przekształceniach można ją zapisać w postaci:

$$u_p(L/2) = 0,02366 \frac{qL^4}{Eh^2t} \left(1 + 5,275 \frac{Eht}{G_t L^2} \right) \quad (1)$$

gdzie:

E, G_r – moduły sprężystości podłużnej materiału okładzin i poprzecznej rdzenia,

L, h, t – rozpiętość przęsta panelu oraz grubości rdzenia i okładzin,

q – obciążenie równomiernie rozłożone na powierzchni panelu.

Zależność analogiczną do (1), wyprowadzoną jak dla belek warstwowych z cienkimi okładzinami [8], po przyjęciu takich samych oznaczeń i jednostkowej szerokości ($b = 1,0$ m), można zapisać następująco:

$$u_b(L/2) = 0,02604 \frac{qL^4}{Eh^2t} \left(1 + 4,8 \frac{Eht}{G_r L^2} \right) \quad (2)$$

Naniesione na **RYS. 18–20** zależności teoretyczne ugięcia u od obciążenia q (por. wzory (1) i (2)) obliczono z przyjęciem zgodnie z aprobatą AT-15-4418/2003 [6], że $G_r = 4,0$ MPa. Badania niszczące niektórych modeli PWzn umożliwiają wyznaczenie doświadczalnych naprężeń krytycznych, powodujących lokalną utratę stateczności okładziny ściskanej. Zestawiono je w **TABELI 1**, przy przyjęciu nominalnej grubości okładziny (0,55 mm), obok zamieszczono odpowiednie naprężenia wyznaczone teoretycznie na podstawie: normy PN-B-03230:1984 [7] i książki „Lekkie przegrody w budownictwie” [9], wytycznych europejskich ([11]) i oryginalnej zależności autorskiej [11]. Naprężenia krytyczne według wytycznych europejskich obliczono przy tym wzorem:

$$\sigma_{cr} = 0,65 \sqrt[3]{\frac{E E_r G_r}{(1 - \nu^2)}} \quad (3)$$

gdzie:

E_r – moduł sprężystości podłużnej rdzenia przy rozciąganiu,

ν – współczynnik Poissona materiału okładzin,

a odpowiednie naprężenia według propozycji autorskiej – następująco:

$$\sigma_{cr} = \frac{3}{A} \sqrt{E I E_r} \quad (4)$$

gdzie:

A, I – pole przekroju i moment bezwładności okładziny (względem własnej osi) panelu o szer. $b = 1,0$ m

Niezbędną do obliczeń wartość modułu sprężystości podłużnej materiału rdzenia przyjęto przy tym zgodnie z aprobatą AT-15-4418/2003 [6] $E_r = 8,0$ MPa. Porównanie naprężeń krytycznych wskazuje, że naprężenia z badań są równe w przybliżeniu 50–60% wartości teoretycznych obliczonych według normy PN-B-03230:1984 [7], [9] i wzoru (3). Te ostatnie zależą wyraźnie od wartości E_r i G_r . Aby otrzymać teoretyczne naprężenia krytyczne równe średnim z badań, należałoby przyjąć w obliczeniach $E_r \approx 2,7$ MPa, a $G_r \approx 2,1$ MPa. Należy dodać, że wymienione wartości modułów sprężystości podłużnej i poprzecznej rdzenia to wartości minimalne wyznaczone odpowiednio z badań: rdzenia na ściskanie ($E_r = 2,7$ – $5,6$ MPa) i belek warstwowych na zginanie ($G_r = 2,1$ – $7,0$ MPa). W odróżnieniu od omówionych naprężeń teoretycznych zdecydowanie lepszą zgodność z wynikami badań doświadczalnych wykazują naprężenia krytyczne obliczone wzorem (4). Jeśli podstawić skrajne wartości E_r z badań modelowych, otrzymamy

Model panelu	Napężenia krytyczne σ_{cr} [MPa] wyznaczone			
	z badań	według normy PN-B-03230:1984 [7] oraz publikacji „Lekkie przegrody w budownictwie” [9]	według wzoru (3)	według wzoru (4)
PWzn1	64,2	133,2	125,6	83,0
PWzn2*	81,8	133,2	125,6	83,0
PWzn3	51,1	133,2	125,6	83,0

TABELA 1. Porównanie naprężeń krytycznych w ściskanych okładzinach

z (4) naprężenia krytyczne równe 48 MPa i 69 MPa, które są nieco mniejsze od wyznaczonych doświadczalnie (TABELA 1).

Przedstawione na RYS. 18–20 ugięcia paneli warstwowych otrzymane z badań wykazują dobrą zgodność z ugięciami wyznaczonymi teoretycznie według zależności (1) i (2) jedynie dla wybranych modeli. Odnosi się to do modelu PWzu3 na RYS. 18, PWzn2 na RYS. 19 i PWzn2* na RYS. 20. Pozostałe modele miały ugięcia zdecydowanie większe od teoretycznych, co nie powinno dziwić, jeśli wziąć pod uwagę wartości modułu sprężystości poprzecznej rdzenia otrzymane z badań próbek warstwowych ($G_r = 2,1\text{--}7,0$ MPa). Różnica między ugięciami teoretycznymi obliczonymi według wzorów (1) i (2) jest nieduża i wynosi ok. 5%, przy czym bliższe doświadczalnym są wyniki otrzymane według (1).

Z analizy wzorów (1) i (2) nietrudno zauważyć, że ugięcia teoretyczne będą dość istotnie zależały od przyjętej wartości G_r . Po przekształceniu odpowiednio (1) i (2) można otrzymać zależności (5) i (6), umożliwiające obliczenie G_r na podstawie wyznaczonych doświadczalnie $u(q)$:

$$G_r = \frac{0,1248qL^2Eht}{u_pEh^2t - 0,02366qL^4} \quad (5)$$

$$G_r = \frac{0,1250qL^2Eht}{u_bEh^2t - 0,02604qL^4} \quad (6)$$

W TABELI 2 zestawiono moduły sprężystości poprzecznej rdzenia paneli warstwowych G_r obliczone według zależności (5) i (6) na podstawie wyników badań doświadczalnych. Wartości G_r zostały wyznaczone przy tym dla dwóch lub trzech poziomów obciążeń q oraz odpowiadających im ugięć zarejestrowanych przy obciążeniu w pierwszym cyklu. Porównanie modułów G_r zestawionych w TABELI 2 wskazuje, że w większości przypadków mają one wartości zdecydowanie mniejsze od wartości minimalnej podanej w aprobachie AT-15-4418/2003 [6] ($G_r = 4,0$ MPa). Najlepiej przedstawia się to w przypadku modeli: PWzu3, PWzn2 i PWzn2*, dla których odpowiednie wartości G_r według (5) i (6) mieszczą się w przedziałach od 3,4 MPa do 6,2 MPa i od 3,6 MPa do 7,3 MPa.

Ogólnie moduły sprężystości poprzecznej rdzenia z badań zginanych belek warstwowych ($G_r = 2,1\text{--}7,0$ MPa) są bliższe wynikom obliczeń według (6) (TABELA 2). Warto ponadto dodać, że różnice między wartościami modułów G_r obliczonych za pomocą wzorów (5) i (6) są większe od odpowiednich różnic w ugięciach, ale nie przekraczają 20%. Na zakończenie należy stwierdzić, że przyczyną zbyt dużych ugięć badanych paneli jest wadliwe wykonanie w nich rdzenia,

Model	Moduł G_r [MPa] rdzenia paneli poddanych obciążeniu q [kN/m ²]					
	według wzoru (5)			według wzoru (6)		
	0,5	1,0	1,2	0,5	1,0	1,2
PWzu1	2,33	2,62	–	2,40	2,72	–
PWzu2	2,22	2,30	–	2,29	2,37	–
PWzu3	3,39	4,04	–	3,55	4,26	–
PWzn1	2,32	2,09	–	2,58	2,30	–
PWzn2	3,98	4,14	3,91	4,80	5,03	4,70
PWzn3	2,22	2,07	1,84	2,46	2,27	2,00
PWzn2*	6,22	6,22	5,95	7,34	7,34	6,96
PWzn3*	2,95	2,68	2,44	3,18	2,87	2,60

TABELA 2. Moduły sprężystości poprzecznej rdzenia paneli warstwowych wyznaczone na podstawie pomierzonych ugięć

w którym pozostawiono niesklejone styki zarówno poprzeczne, jak i podłużne. Konsekwencją tego jest drastyczne obniżenie modułu sprężystości poprzecznej rdzenia, który istotnie wpływa zarówno na sztywność paneli warstwowych, jak i na ich nośność na zginanie.

Poprawna ocena ugięć i naprężeń krytycznych w okładzinach rozważanych paneli warstwowych, a co za tym idzie ich nośności na zginanie, wymaga znajomości modułów sprężystości E_r i G_r materiału rdzenia. Wielkości tych dla rdzenia z wełny mineralnej nie ma ani w literaturze ([8], [9]), ani w normach PN-B-03230:1984 [7], PN-EN 14509:2010 [12]. Jedynym źródłem informacji w tym zakresie jest aprobata AT-15-4418/2003 [6], w której podane są minimalne wymagane wartości omawianych parametrów. O tym, że nie zawsze potwierdzają się one w praktyce, świadczą m.in. omawiane badania. Stanowi to spore utrudnienie przy ocenie stanów granicznych nośności i użytkowania paneli warstwowych, a wręcz zmusza projektanta do korzystania z zamieszczonych w odpowiednich świadectwach lub aprobaty tablic z obciążeniami dopuszczalnymi. Obciążenia te można uznać za wiarygodne jedynie w przypadku paneli warstwowych wykonanych zgodnie z wymaganiami podanymi w aprobacie. Dotyczy to przy tym m.in. jakości zarówno zastosowanych materiałów (wełna mineralna, klej), jak i wykonania połączeń (rdzenia z okładzinami, styków w rdzeniu). Odstępstwa od wymagań aprobaty, jak wykazały badania, będą miały istotny wpływ na obniżenie zarówno sztywności, jak i nośności paneli warstwowych.

WNIOSKI OGÓLNE Z BADAŃ NA ZGINANIE PANELI O RÓŻNYM RDZENIU

Nośność i sztywność elementów zespolonych, jakimi są panele warstwowe, zależy zarówno od zastosowanych materiałów (okładzin z właściwym wyprofilowaniem, rdzenia ze styropianu, wełny mineralnej i odpowiedniego kleju lub odpowiedniego wypełnienia poliuretanowego), jak i procesu produkcyjnego, od którego zależą parametry zespolenia oraz wzajemna współpraca elementów składowych paneli warstwowych.

W przypadku rdzenia złożonego z płyt styropianu [5] lub wełny mineralnej szczególnego znaczenia nabiera jakość wykonania połączeń klejonych (rdzenia z okładzinami, styków podłużnych

i poprzecznych rdzenia). Kwestie te powinny być szczegółowo omówione w aprobatkach technicznych. W aprobatkach dotyczących omawianych paneli warstwowych sprawa styków poprzecznych i podłużnych rdzenia wykonywanego z płyt jest często niestety pomijana [6]. Pozostaje wówczas jedynie możliwość doświadczonego sprawdzenia parametrów rdzenia. Przy czym ze względu na wymiary elementów próbnych realne jest przeoczenie lub wręcz celowe pominięcie omawianych styków. Oczywiście jest, że tylko panele warstwowe spełniające wymagania podane w aktualnej aprobacie można stosować, bazując na zamieszczonych w tych dokumentach tabelach obciążeń dopuszczalnych. Wskazane jest ponadto podawanie w aprobatkach wartości modułów sprężystości podłużnej E_r i poprzecznej G_r rdzenia paneli warstwowych, które można bez trudu zweryfikować w badaniach.

Spośród badanych właściwości rdzenia z pianki poliuretanowej i jego przyczepności do okładzin zdecydowanie najgorzej wypadła ta ostatnia kwestia [3]. Zarówno przy ścinaniu modeli, jak i ich rozciąganiu w kierunku grubości, najsłabszym elementem była przyczepność okładzin do rdzenia. Korzystniej pod tym względem wypadły panele o gr. 60 mm, co wynika prawdopodobnie z lepszego opanowania ich produkcji pod względem technologicznym. Przyczepność pogarszają m.in. liczne pustki powietrzne na styku rdzenia z okładzinami, szczególnie widoczne w panelach o gr. 170 mm.

Nośność paneli warstwowych na zginanie, przy stosowaniu ich zgodnie z zaleceniami producentów, jest zwykle wystarczająca w przypadku ścian zewnętrznych, w których decydującą rolę odgrywa obciążenie parciem wiatru. Nośności te mogą się okazać zbyt małe dla konwencjonalnie zastosowanych paneli warstwowych obciążonych ssaniem wiatru, a także – równocześnie większą różnicą temperatury.

Jak wykazała praktyka, w wielu przypadkach producenci paneli warstwowych nie stosują się do wszystkich ustaleń zawartych w świadectwach lub aprobatkach. Niekiedy są to zmiany mające na celu udoskonalenie wyrobu, ale częściej chodzi o uzyskanie oszczędności. Typową, łatwą do wykrycia na budowie wadą paneli warstwowych, są styki rdzenia (ze styropianu, z płyt wełny mineralnej) wykonywane bez sklejenia [10]. Przedstawione badania wykazały, że tak wykonane styki poprzeczne i podłużne rdzenia z wełny mineralnej mają istotny wpływ na obniżenie sztywności i nośności rozważanych paneli warstwowych. Mogą być ponadto przyczyną nietypowych mechanizmów ich zniszczenia. W związku z tym paneli warstwowych z tego typu wadami nie powinno się stosować w obudowach jako elementów konstrukcyjnych.

LITERATURA

1. J.M. Davies J.M. (red.), „Lightweight sandwich construction”, Blackwell Science, Oxford 2001.
2. B. Gosowski, E. Kubica, „Badania laboratoryjne konstrukcji metalowych”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2012, s. 294.
3. B. Gosowski, R. Ignatowicz, M. Kozów, „Doświadczalna ocena nośności płyt warstwowych z rdzeniem poliuretanowym”, Sympozjon PTMTS „Kompozyty. Konstrukcje warstwowe”, Wrocław – Szklarska Poręba 2000, s. 35–42.
4. B. Gosowski, M. Kozów, P. Wilczewski, „Doświadczalna ocena nośności płyt warstwowych o rdzeniu z wełny mineralnej”, [w:] „Konstrukcje zespolone”, tom VII, red. nauk. T. Biliński, Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, Zielona Góra 2005, s. 85–94.

5. B. Gosowski, E. Kubica, J. Dudkiewicz, R. Ignatowicz, „Doświadczalna ocena nośności płyt warstwowych z rdzeniem styropianowym”, Konferencja Naukowa „Badania nośności granicznej konstrukcji metalowych”, Wrocław – Szklarska Poręba 1998, s. 151–158.
6. Aprobata Techniczna ITB AT-15-4418/2003, „Płyty warstwowe metalplast ISO-THERM typów SCw, SCwK, PLUSw i Dw z rdzeniem z wełny mineralnej w okładzinach z blachy stalowej”, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 2003.
7. PN-B-03230:1984, „Lekkie ściany osłonowe i przekrycia dachowe z płyt warstwowych i żebrowych. Obliczenia statyczne i projektowanie”.
8. T. Hop, „Konstrukcje warstwowe”, Arkady, Warszawa 1980.
9. „Lekkie przegrody w budownictwie”, praca zbiorowa, Arkady, Warszawa 1982.
10. B. Gosowski, „Typowe błędy projektowania i wykonania lekkiej obudowy z płyt warstwowych”, „Inżynieria i Budownictwo”, nr 7/2009, s. 379–385.
11. B. Gosowski, M. Kozów, „Selected problems of design of light cladding sandwich panels with slightly profiled metal faces”, „Archives of Civil Engineering”, nr 3/2009, s. 301–321.
12. PN-EN 14509:2010, „Samonośne izolacyjno-konstrukcyjne płyty warstwowe z dwustronną okładziną metalową. Wyroby fabryczne. Specyfikacje”.

BRONISŁAW GOSOWSKI ukończył studia na Wydziale Budownictwa Lądowego Politechniki Wrocławskiej. Doktoryzował się w Instytucie Budownictwa, a habilitował się na Wydziale Budownictwa Lądowego i Wodnego. Tytuł profesora uzyskał w 2005 r. Od ukończenia studiów do chwili obecnej pracuje na tym samym Wydziale. Tematyka jego zainteresowań naukowych obejmuje konstrukcje metalowe i zespolone. Jest autorem ponad 100 pozycji wydanych drukiem.

WNĘTRZA ■ BUDOWA ■ INSTALACJE OGRODY ■ PRZEGLĄDY PRODUKTÓW PORADY EKSPERTÓW



ZAPRASZAMY TAKŻE NA STRONĘ

eb
ekspertbudowlany.pl



Kingspan QuadCore – BUDYNKI PRZYSZŁOŚCI MOŻLIWE JUŻ DZIŚ

QuadCore to milowy krok w drodze do budynków o wysokiej wydajności, przenoszący właściwości płyt warstwowych na nowy, wyższy poziom. Z najlepszymi parametrami izolacyjnymi w branży, 40-letnią gwarancją termiczną i konstrukcyjną, nową klasą reakcji na ogień i wyższą oceną w klasyfikacji tzw. „zielonych budynków”.

Na drodze do budownictwa o wysokich parametrach energetycznych, system QuadCore wyznacza radykalnie nowy kierunek. Jest to system płyt izolacyjnych z nowatorskim rozwiązaniem w samym swoim sercu – wyjątkowym hybrydowym rdzeniem o unikalnych właściwościach izolacyjnych i ognioodpornych, zapewniający stabilność parametrów w całym cyklu życia budynku i zrównoważone podejście do środowiska naturalnego.

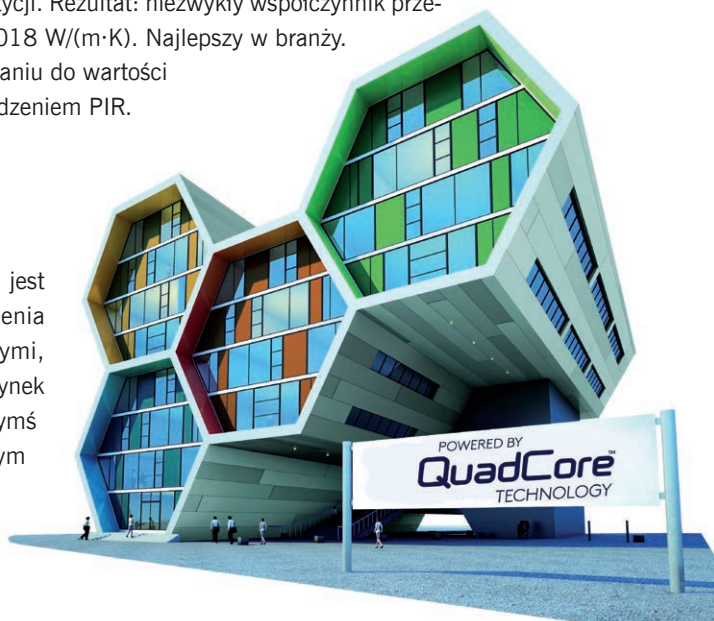
20% LEPSZA IZOLACJA TERMICZNA $\lambda = 0,018 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

Budynki o zerowym bilansie energetycznym przestają być snem o odległej przyszłości. Skokowe zmiany w dziedzinie efektywności energetycznej sprawiły, że takie budownictwo staje się bardziej dostępne i powszechne, między innymi dzięki inteligentnym systemom, takim jak QuadCore, które, wykorzystując różne możliwości, wyznaczają nowe granice w dziedzinie ograniczania strat ciepła i zwiększania zysków z inwestycji. Rezultat: niezwykle współczynnik przewodnictwa ciepłego wynoszący $0,018 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Najlepszy w branży.

Jest to 20% poprawa w porównaniu do wartości $0,023 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ typowej dla płyt z rdzeniem PIR.

NOWY POZIOM OCHRONY PRZECIWPOŻAROWEJ

Choć głównym zadaniem budynku jest zapewnienie komfortu i schronienia przed czynnikami atmosferycznymi, to nie możemy zapominać, że budynek musi chronić nas też przed czymś znacznie bardziej niebezpiecznym – przed ogniem.



To właśnie dlatego nasz nowy system płyt warstwowych z wyjątkową w swojej klasie skutecznością chroni budynki przed ogniem. W wyniku licznych badań i testów QuadCore uzyskał dotychczas nieosiągalną dla polimerów klasę C reakcji na ogień – dotyczy samego rdzenia izolacyjnego, bez okładzin zewnętrznych. Jest to także jedyny zamkniętokomórkowy rdzeń płyt warstwowych z certyfikacją FM 4882 (środowiska wrażliwe na wydzielanie dymu).

127

40 LAT PISEMNEJ GWARANCJI

Współczesne budynki muszą spełniać różnorodne wymagania, nie tylko norm i przepisów budowlanych, ale muszą też sprostać oczekiwaniom użytkowników. Muszą być one sprawne, niezawodne, praktyczne i w sposób zrównoważony podchodzić do kwestii środowiska. QuadCore zapewnia wszystkie te właściwości przez wiele kolejnych lat. Jesteśmy pewni swojego produktu, dlatego gwarantujemy, że niezależnie od kierunku zmian zachodzących w środowiskach miejskich, system ten po zainstalowaniu zachowa swoją izolacyjność cieplną i właściwości konstrukcyjne co najmniej przez 40 lat!

DROGA DO BUDYNKÓW ZEROENERGETYCZNYCH

W Kingspan zawsze uważaliśmy, że postęp w budownictwie nigdy nie powinien dokonywać się kosztem środowiska naturalnego. System QuadCore nadaje tej zasadzie zupełnie nowy wymiar, dzięki wyeliminowaniu z produkowanych przez nas płyt izolacyjnych fluorowęglowodorów oraz innych substancji przyczyniających się do globalnego ocieplenia.

Opracowaliśmy też specjalny system odzyskiwania komponentów chemicznych z rdzenia płyt. Oznacza to, że już nie tylko stal, ale też izolacja może być powtórnie użyta do produkcji, a rezultacie oznacza to zerową emisję odpadów na wysypiska.

Wszystko to sprawia, że QuadCore umożliwia tworzenie budynków, które będą osiągać wysokie noty w rankingach tzw. „zielonych budynków“.

Zaawansowane rozwiązania techniczne, jakie zamknięto w hybrydowym rdzeniu płyt QuadCore, to jedynie jeden z wielu elementów decydujących o wyjątkowości tego systemu izolacyjnego. Każda jego część jest równie ważna. Równie istotne są doświadczenie i wiedza, jaką nasi konsultanci oferują klientom realizującym swoje projekty. Służą oni Państwu pomocą na każdym etapie inwestycji. Udzielą porad i wskazówek przed, w trakcie oraz po zakończeniu budowy. Pomogą oni Państwu budynkiem w pełni wykorzystać swój potencjał ekonomiczny, środowiskowy i architektoniczny.

Więcej informacji znajdą Państwo na stronie internetowej: www.kingspan.pl

KONTAKT



Płyty Warstwowe

KINGSPAN Sp. z o.o.
ul. Przemysłowa 20
27-300 Lipsko
tel.: 48 378 31 00
faks: 48 378 13 30
info@kingspan.pl
www.kingspan.pl

Aplikacja QuadCore

