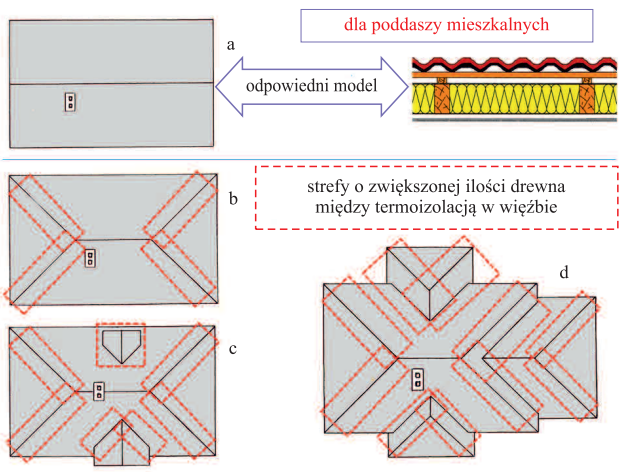
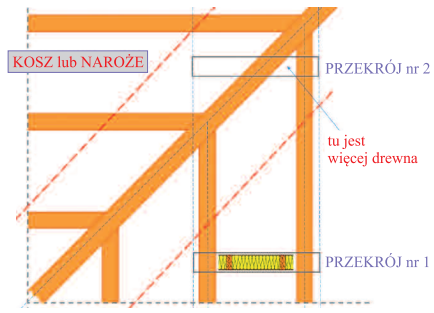
mgr inż. Krzysztof Patoka[1)]

Kształt dachu a współczynnik przenikania ciepła

Wszyscy projektanci, którzy zobowiązani są do obliczania współczynników przenikania ciepła U projektowanych przegród budowlanych, posługując się metodą podaną w obligatoryjnej normie PN-EN ISO 6946 [2], określają ten współczynnik dla najprostszego, modelowego schematu projektowanej przegrody. W przypadku dachów takie metody mają sens jedynie, gdy dach jest jedno- lub dwuspadowy (rysunek 1a) bez lukarn i wykuszy. Natomiast gdy dach ma skomplikowany kształt (rysunek 1b, c, d), to zwiększa się ilość drewna proporcjonalnie do skali skomplikowania więźby dachowej. W przypadku poddasza mieszkalnego termoizolacja mocowana jest w obrębie tej więźby, a wtedy udział drewna jest tym większy, im więcej jest koszy, naroży (rysunek 2) i ścian lukarn. Natomiast im więcej jest drewna, tym większy jest współczynnik przenikania ciepła takiej przegrody, dlatego też uznałem, że warto przeanalizować, jak wpływa skala skomplikowania kształtu dachu na zwiększenie współczynnika U. W tym celu przeprowadziłem szacunkowe obliczenia za pomącą programu



Rys. 1. Przykładowe rzuty dachów



Rys. 2. Fragment rzutu więźby poddasza mieszkalnego

Excel firmy Microsoft, przyjmując uproszczoną metodę zawartą w PN-EN ISO 6946 [2] nazywaną „metodą kresów", w której wylicza się kresy górny i dolny oporu cieplnego, uwzględniające wzajemny wpływ części jednorodnych cieplnie. Metodę takich obliczeń zapożyczyłem z publikacji [1]. W szacunkowych obliczeniach wyliczane są opór cieplny określony zgodnie z zaleceniami normy [2], podany w tabelach 1 ÷ 3. Zmieniający się (w zależności od grubości termoizolacji) współczynnik U jest liczony jako odwrotność całkowitego oporu cieplnego uproszczonej przegrody dachowej. Wybrałem najczęściej stosowany układ materiałowy, którego uproszczona wersja jest pokazana na rysunku 3.

Rys. 3. Model obliczeniowy

Obliczenia wykonano w przypadku czterech grubości termoizolacji (18+4, 18+6, 18+8 i 18+10 cm), wynikającej z najczęściej występującej wysokości krokwi 18 cm, ułożonej w dwóch warstwach o zmiennej grubości warstwy dolnej: 4, 6, 8 i 10 cm. W omawianym modelu obliczeniowym obie warstwy termoizolacji mają zawsze ten sam współczynnik λ. Wykorzystany w obliczeniach współczynnik przewodzenia ciepła λ termoizolacji wynosił: 0,033, 0,035 i 0,037 W/(m • K). Odpowiadał więc parametrom stosowanych na rynku wełen mineralnych i pianek natryskowych PUR w wersji otwartokomórkowej (PUR OK – λ: 0,037 i 0,035 W/(m • K)).

Pozostałe parametry przyjęte w obliczeniach współczynnika U były następujące:

- współczynnik przewodzenia ciepła drewna $\lambda_d = 0{,}18$ W/(m • K); płyt gipsowo-kartonowych $\lambda_{gk} = 0{,}23$ W/(m • K);
- opór przejmowania ciepła na wewnętrznej powierzchni przegrody w przypadku pionowego kierunku przepływu ciepła $R_{si} = 0{,}1$ (m² K)/W – wg normy [2];
- opór przejmowania ciepła na zewnętrznej powierzchni przegrody w przypadku szczelin dobrze wentylowanych $R_{se} = 0{,}04$ (m² K)/W – wg normy [2].

Podana w ostatnich wierszach tabel odległość między krokwiami (0,5 m) jest umowną wielkością modelującą zwiększenie objętości drewna w przekroju przegrody dachowej na styku belek w koszach i narożach, gdzie znajdują się ukośnie ułożone krokwie koszowe lub narożne (rysunek 2). Sty-

[1)] Rzeczoznawca Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Przemysłu Materiałów Budowlanych; patoka.k54@gmail.com

Tabela 1. Współczynnik przenikania ciepła U dachu w zależności od odległości między krokwiami i grubości termoizolacji o λ = 0,033 [W/(mK)]

Odległość	Grubość termoizolacji 18 cm +			
	4 cm = 22 cm	6 cm = 24 cm	8 cm = 26 cm	10 cm = 28 cm
Między krokwiami 0,9; między osiami 0,98 m	0,17 0,1763	0,16 0,1556	0,15 0,1493	0,14 0,1424
Między krokwiami 0,8 m; między osiami 0,88 m	0,17 0,1692	0,16 0,1556	0,15 0,1515	0,14 0,1443
Między krokwiami 0,7 m; między osiami 0,78 m	0,17 0,1728	0,16 0,1627	0,15 0,1542	0,15 0,1467
Umowna 0,5 m; symulująca ilość drewna	0,18 0,1838	0,17 0,1718	0,16 0,1621	0,15 0,1537

Tabela 2. Współczynnik U dachu w zależności od odległości między krokwiami i grubości termoizolacji o λ = 0,035 [W/(mK)]

Odległość	Grubość termoizolacji 18 cm +			
	4 cm = 22 cm	6 cm = 24 cm	8 cm = 26 cm	10 cm = 28 cm
Między krokwiami 0,9; między osiami 0,98 m	0,17 0,1729	0,16 0,1637	0,16 0,1556	0,15 0,1485
Między krokwiami 0,8 m; między osiami 0,88 m	0,18 0,1757	0,17 0,1661	0,16 0,1578	0,15 0,1505
Między krokwiami 0,7 m; między osiami 0,78 m	0,18 0,1792	0,17 0,1692	0,16 0,1605	0,15 0,1529
Umowna 0,5 m; symulująca ilość drewna	0,19 0,1896	0,18 0,1781	0,17 0,1683	0,16 0,1598

Tabela 3. Współczynnik U dachu w zależności od odległości między krokwiami i grubości termoizolacji o λ = 0,037 [W/(mK)]

Odległość	Grubość termoizolacji 18 cm +			
	4 cm = 22 cm	6 cm = 24 cm	8 cm = 26 cm	10 cm = 28 cm
Między krokwiami 0,9; między osiami 0,98 m	0,18 0,1793	0,17 0,1700	0,16 0,1618	0,15 0,1546
Między krokwiami 0,8 m; między osiami 0,88 m	0,18 0,1821	0,17 0,1724	0,16 0,1640	0,15 0,1565
Między krokwiami 0,7 m; między osiami 0,78 m	0,19 0,1856	0,17 0,1754	0,16 0,1666	0,15 0,1589
Umowna 0,5 m; symulująca ilość drewna	0,20 0,1958	0,18 0,1843	0,17 0,1744	0,16 0,1658

kające się z nimi zwykłe krokwie stanowią zgrupowanie belek, które w połączeniu z termoizolacją dają inną izolacyjność niż przegroda utworzona w centralnej części połaci. Im dach ma bardziej skomplikowany kształt (ma więcej koszy i naroży), tym stref o obniżonej izolacyjności (zaznaczone czerwoną przerywaną linią na rysunku 1) jest więcej. W bardzo skomplikowanych dachach powierzchnia sumaryczna zimnych stref może być większa od przyjmowanych do obliczeń w modelach uwzględniających tylko rozstaw krokwi (rysunek 1).

Przyjęta do obliczeń skrajna odległość między krokwiami wynosząca 0,9 m, po uwzględnieniu rozmiarów krokwi (18 x 8 cm), ma osiowy rozstaw wynoszący 0,98 m. W tabelach 1 ÷ 3 podałem dwie wartości współczynnika U: określoną do dwóch miejsc po przecinku i bardziej dokładną – do czterech miejsc po przecinku. Dzięki temu lepiej można ocenić wyniki obliczeń. Kolorem czarnym oznaczyłem wartości współczynnika U, które nie spełniają wymagań zawartych w WT 2013 [3], czyli są powyżej wartości obowiązującej obecnie i do końca przyszłego roku. Te, które spełniają te warunki, są oznaczone na zielono, a te, które spełniają warunki, jakie będą obowiązywać od 1 stycznia 2021 r., są czerwone.

Analiza wyników obliczeń

Z obliczeń współczynnika przenikania ciepła U (tabele 1 ÷ 3) w przypadku trzech różnych rodzajów termoizolacji wynika, że w strefach koszowych i narożnych (umowna odległość 0,5 m) nawet wełna mineralna o λ = 0,033 [W/(m • K)] nie spełnia obecnych wymagań zawartych w przepisach [3], gdy grubość termoizolacji wynosi 22 cm (18 + 4 cm). Natomiast w przypadku termoizolacji o grubości sumarycznej 28 cm (18 + 10 cm) będzie możliwe spełnienie w tych miejscach wymagań, które będą obowiązywały od 1 stycznia 2021 r (wg WT 2013 [3]), jeśli materiał termoizolacyjny będzie się charakteryzował λ ≤ 0,031 W/(m • K). Przy takiej termoizolacji o grubości 28 cm współczynnik U wynosi 0,1473 [W/(m² • K) w przypadku odległości między krokwiami 0,5 m. Warto zwrócić uwagę na skutki zamocowania termoizolacji o takiej grubości. Zwiększenie grubości o 10 cm (28 = 18 + 10 cm) wymaga specjalnej konstrukcji zwiększającej miejsce w przegrodzie. Koszty materiałów i robocizny takich konstrukcji można kompensować, stosując droższe materiały termoizolacyjne o odpowiednio mniejszym współczynniku λ (obecnie ≤ 0,025 W/(m • K)).

Wnioski

W dachach wielopołaciowych o skomplikowanym kształcie (rysunek 1a, b, c, d), przy obliczaniu współczynników przenikania ciepła U należy uwzględniać większą ilość drewna w przegrodzie w porównaniu z dachami prostymi. W dachach o poddaszach mieszkalnych, stosowanie w obliczeniach tych samych przekrojów przegród dachowych, bez względu na ich kształt, powoduje odejście od idei ustawodawców. W przypadku dachów o skomplikowanym kształcie należy wprowadzić współczynniki korygujące, uwzględniające liczbę koszy i naroży w proporcji do powierzchni dachu. Można je dość precyzyjnie wyliczyć z proporcji objętościowych udziału drewna i termoizolacji w przegrodzie dachowej w zależności od liczby belek w dachach z poddaszami mieszkalnymi.

Liateratura

[1] Pawłowski Krzysztof. 2013. „Projektowanie przegród zewnętrznych w świetle nowych warunków technicznych WT 2013 dotyczących budynków". *Izolacje. Wydanie specjalne* (2).

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

[3] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z 5 lipca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. Z 2013 r., poz. 926).

Partner działu: **Fakro Sp. z o.o.** FAKRO®