

**Anna ŚPIEWAK**

Politechnika Częstochowska

## ANALIZA IZOLACYJNOŚCI TERMICZNEJ NIEJEDNORODNYCH SZKIELETOWYCH ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH

W artykule omówiono konstrukcję ścian zewnętrznych domów jednorodzinnych wznoszonych w technologii lekkiego szkieletu stalowego oraz szkieletu drewnianego. Na podstawie normy PN-EN ISO 6946: 2008 wyznaczono współczynnik przenikania ciepła analizowanych przegród niejednorodnych cieplnie. Otrzymane wyniki analizy porównano ze sobą oraz zweryfikowano z aktualnymi wymaganiami warunków technicznych izolacyjności termicznej niejednorodnych przegród zewnętrznych.

**Słowa kluczowe:** stalowe budownictwo szkieletowe, drewniane budownictwo szkieletowe, budownictwo mieszkaniowe, współczynnik przenikania ciepła

### WPROWADZENIE

Budownictwo mieszkaniowe to rozwijająca się gałąź branży budowlanej w Polsce. Statystyki GUS podają, że w 2015 r. oddano w Polsce do użytku ponad 147 tys. mieszkań, co stanowi o 3,2% więcej niż w 2014 r. [1]. Wymagania inwestorów i użytkowników są coraz wyższe, dlatego obiekty te muszą być wznoszone szybko, muszą być tanie przy zachowaniu wysokiej jakości materiałów i technologii. Odpowiedzią na te wymagania są innowacyjne w Polsce, a popularne już w Ameryce Północnej, Europie Zachodniej i Skandynawii technologie wznoszenia budynków o lekkiej stalowej lub drewnianej konstrukcji szkieletowej. Technologie te redukują ilość wykorzystanych elementów konstrukcyjnych, a tym samym materiałów budowlanych w porównaniu do technologii tradycyjnych, przez co są tanie, a proces realizacji i wykończenia szybki. Innowacyjność technologii szkieletowych polega na wykorzystaniu najnowszych technik na każdym etapie wznoszenia obiektu. Proces projektowania architektonicznego jest całkowicie skomputeryzowany, dzięki czemu dane o elementach nośnych są wysyłane do maszyn precyzyjnie docinających konstrukcje na wymiar konkretnego zamówienia. Pojedyncze elementy drewniane lub stalowe łączone są w fabryce w układy ram i kratownic o rozmiarach umożliwiających transport na plac budowy, gdzie pozostaje jedynie ich połączenie i wykończenie.

W budownictwie szkieletowym istnieje problem z dokładnym wyznaczeniem parametrów izolacyjności termicznej niejednorodnych cieplnie warstw ścian

zewnątrznych. Parametrem charakteryzującym izolacyjność termiczną przegród budowlanych jest współczynnik przenikania ciepła  $U_C$ .

Lekkie szkieletowe ściany zewnętrzne o konstrukcji nośnej drewnianej lub stalowej składają się z paneli złożonych z izolacji termicznej (wełna mineralna, piana poliuretanowa), umieszczonej między ramami drewnianymi lub stalowymi. Elementy konstrukcyjne domów drewnianych wykonuje się z drewna sosnowego, charakteryzującego się wysoką wytrzymałością, sprężystością i łatwą obróbką. Drewno takie klasyfikuje się do klasy K27 o wytrzymałości na zginanie co najmniej 27 MPa. Drewno konstrukcyjne nie powinno mieć wilgotności większej niż 18÷19%. W drewnie suszonym komorowo nie ma żadnych zarodników pleśni i grzybów oraz larw owadów. Profile stalowe wykonuje się z najwyższej jakości stali konstrukcyjnej klasy 280 lub 350, ocynkowanej ogniowo powłoką 275 g/m<sup>2</sup>. Powłoka cynku stanowi zabezpieczenie stalowych profili przed korozją. Dodatkowo maszyna profilująca elementy stalowe zabezpiecza krawędzie cięcia powłoką cynkową. Słupki konstrukcyjne osadzone są dołem na elemencie pełniącym rolę podwaliny belki drewnianej lub profilu stalowego, zakotwionego mechanicznie do ławy lub płyty fundamentowej monolitycznej lub żelbetowej wykonanej metodą tradycyjną, a od góry wykończone belką oczepową. Mechaniczne złącza kotwiące dla konstrukcji szkieletowych pełnią funkcję przenoszenia dużych sił podrywających skierowanych do góry o wartości ok. 20÷40 kN (2÷4 tony). Kwestią niezwykle istotną w budowie złączy kotwiących jest zapewnienie efektywnego przenoszenia siły wyrywającej na użytą kotwę. Istnieje wiele typów i rozmiarów złączy kotwiących, których wybór zależy od przyjętej technologii wykonania budynku, konstrukcji i kubatury budynku oraz obciążeń oddziałujących na obiekt. Panele ściennoszywność zyskują dzięki profilom poziomym zamocowanym do słupków oraz obiciu wykończeniową płytą OSB lub twardą płytą pilśniową. Od zewnątrz stosuje się membranę wiatrochronną i dodatkową warstwę termoizolacji, np. styropian oraz dowolny tynk elewacyjny. Od wewnątrz budynku panele izoluje się folią paroizolacyjną, zaś wykończenie stanowi płyta kartonowo-gipsowa i gładź gipsowa [2-7].

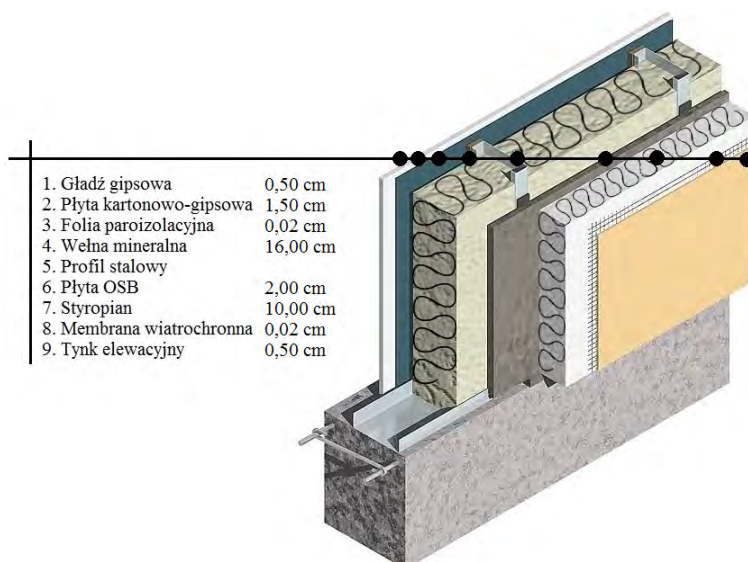
## 1. ANALIZA WSPÓŁCZYNNIKA PRZENIKANIA CIEPŁA NIEJEDNORODNYCH ŚCIAN SZKIELETOWYCH

Wyznaczenie wartości współczynnika przenikania ciepła ściany szkieletowej, zgodnie z normą PN-EN ISO 6946: 2008 Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania [8], polega na wydzieleniu w niejednorodnej warstwie sekcji, różniących się rodzajem, grubością i przewodnością cieplną materiałów występujących w poszczególnych sekcjach. Problem często pojawia się w określeniu ilości sekcji oraz zredukowanego współczynnika przewodzenia ciepła warstwy niejednorodnej składającej się z wielu materiałów.

W przeprowadzonej analizie współczynniki przenikania ciepła wyznaczono metodą obliczania oporu cieplnego komponentów budowlanych składających się

z warstw jednorodnych i niejednorodnych cieplnie. Obliczenia analityczne współczynnika przenikania ciepła szkieletowej ściany zewnętrznej przeprowadzono zgodnie z normą [8], a ich poprawność sprawdzono w programie ArCADia TERMO 6.5. Do obliczeń przyjęto w obu przypadkach identyczne warstwy jednorodne od strony zewnętrznej i wewnętrznej. Od wewnątrz zastosowano 0,5 cm gładzi gipsowej, 1,5 cm płytę kartonowo-gipsową oraz paroizolację. Od strony zewnętrznej ścianę pokryto 1 cm tynku mineralnego, membraną wiatroizolacyjną, 10 cm warstwą styropianu oraz 2 cm płytą OSB. Obliczenia przybrały inną postać jedynie na poziomie obliczeń panelu warstwy niejednorodnej. W konstrukcji szkieletu stalowego (rys. 1) zdefiniowano trzy sekcje [10]:

- wełnę mineralną 16 cm;
- półkę ceownika stalowego 0,25 cm, wełnę mineralną 15,5 cm, półkę 0,25 cm;
- średnik ceownika stalowego 15,9 cm.



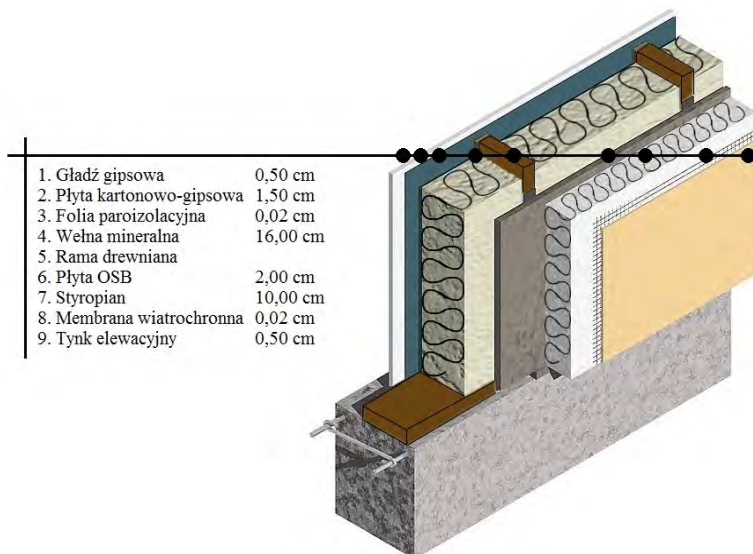
Rys. 1. Niejednorodna przegroda o konstrukcji szkieletowej stalowej, na podstawie [9]

Natomiast w szkieletowej ścianie drewnianej (rys. 2) wyróżniono jedynie dwie sekcje:

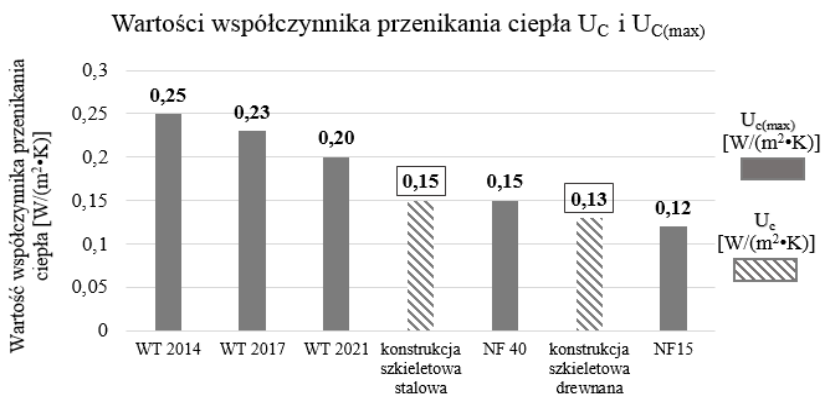
- wełnę mineralną 16 cm;
- elementy drewniane 16 cm.

Na rysunku 3 przedstawiono uzyskane wyniki analizy współczynnika przenikania ciepła wraz z wartościami maksymalnymi, stanowiącymi wartości dla osiągnięcia Warunków Technicznych na lata 2014, 2017, 2021 zgodnych z Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej, zmieniającym warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [11], oraz standardów energetycznych NF40 (budynek energooszczędny) i NF15 (budynek

pasymny), zdefiniowanych przez program dopłat Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej do ich budowy lub zakupu.



Rys. 2. Niejednorodna przegroda o konstrukcji szkieletowej drewnianej, na podstawie [7]



Rys. 3. Obliczeniowe wartości współczynników przenikania ciepła  $U_C$  oraz wartości maksymalne zgodne z warunkami technicznymi oraz standardami energetycznym [oprac. własne]

Jak wynika z rysunku 3, niejednorodne przegrody szkieletowe docieplone styropianem o gr. 10 cm spełniają WT 2021 oraz standard NF40 w przypadku szkieletu drewnianego. Istnieje zatem technologiczna i ekonomicznie uzasadniona możliwość doprowadzenia przegród niejednorodnych o konstrukcji szkieletowej drewnianej i stalowej do wymogów standardu NF15, czyli budynku pasywnego. W przypadku technologii szkieletu drewnianego należy zwiększyć grubości materiału izolacyjnego o 3 cm lub zamienić wypełnienie szkieletu z wełny mineralnej

na np. pianę poliuretanową, charakteryzującą się niższym współczynnikiem przewodzenia ciepła  $\lambda = 0,023 \text{ W/(mK)}$ . Konstrukcję szkieletową, stalową trudniej sprowadzić do standardu NF15, ponieważ profile metalowe stanowią liniowe mostki termiczne, powodujące duże straty ciepła. Dlatego należy zastosować wyżej wymienione rozwiązania uzupełnione o użycie taśm izolacyjnych przyklejanych na profile stalowe, które umożliwiają zwiększenie izolacyjności przegrody oraz zapewniają zatrzymanie ciepła i redukują liniowe mostki termiczne.

## PODSUMOWANIE

Przeprowadzona analiza wykazała, że ściany szkieletowe charakteryzują się bardzo dobrą izolacyjnością termiczną, dzięki czemu budynki zyskują miano obiektów energooszczędnych. Wartość niższą współczynnika przenikania ciepła osiągnęła przegroda o szkielecie drewnianym ze względu na niższą przewodność cieplną drewna w porównaniu do stali. Jednak w łatwy sposób można zminimalizować straty ciepła, wynikające z jego przenikania przez profile stalowe. Technologie wznoszenia budynków szkieletowych są szybkie dzięki zmechanizowanym procesom projektowania i wykonywania konstrukcji oraz minimalizują ilość wykorzystanych materiałów budowlanych, nie pogarszając jakości wykonania i parametrów termicznych obiektu. Dodatkowo rozsądne zwiększenie grubości termoizolacji pozwala na osiągnięcie przez te przegrody standardu budynku pasywnego w przeciwieństwie do tradycyjnych technologii budowy ścian, gdzie grubości izolacji sięgają rozmiarów nieuzasadnionych technologicznie i ekonomicznie.

## LITERATURA

- [1] Raport GUS - Budownictwo. Wyniki działalności w 2015 r., Warszawa 2016.
- [2] Chwastek A., Ulewicz M., Problem korozji chemicznej w mieszkaniowym stalowym budownictwie szkieletowym, Wyd. Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy, Bydgoszcz 2015, 79-90.
- [3] Jura J., Ulewicz M., Sustiakova M., Durica P., Ściany zewnętrzne budynków jednorodzinnych o konstrukcji drewnianej w aspekcie budownictwa energooszczędnego, Budownictwo o Zoptymalizowanym Potencjale Energetycznym 2014, 2(14), 7-15.
- [4] Malesza M., Miedziałowski C., Malesza J., Inżynieria produkcji domów ze szkieletem drewnianym, Economics and Management 2015, 1, 271-289.
- [5] Major I., Różycka J., Współczesne domy drewniane - budynki o zoptymalizowanym potencjale energetycznym, Budownictwo o Zoptymalizowanym Potencjale Energetycznym 2014, 1(13), 63-70.
- [6] Davies J.M., Light gauge steel cassette wall construction - theory and practice, Journal of Constructional Steel Research 2006, 62, 1077-1086.
- [7] Stowarzyszenie Domów Drewnianych: <http://www.domydrewniane.org/>, dostęp: 01.10.2016.
- [8] PN-EN 12831:2006 Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania
- [9] Lekkie konstrukcje stalowe AmTech, SUNDAY systemTM: <http://www.amtech.com.pl/>, dostęp: 01.10.2016.

- [10] Systemy dociepleń: <http://www.ocieplenie.pl/>, dostęp: 01.10.2016.
- [11] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, Dz.U. 2002, Nr 75, poz. 690 ze zm. (Dz.U. 2013, poz. 926).

## **ANALYSIS OF THERMAL INSULATION OFF COMPOSITE FRAMING EXTERIOR WALLS**

**The article discusses the construction of exterior walls of houses built in the technology of light steel frame and light timber frame. On the basis of the standard PN-EN ISO 6946: 2008 the heat transfer coefficient for the analyzed composite heat building barriers was calculated. The results of analysis were compared with each other and verified with current technical conditions for thermal insulation composite heat barrier wall.**

**Keywords: steel frame construction, timber frame construction, residential construction, the heat transfer coefficient**