

Paweł HELBRYCH
Politechnika Częstochowska

WYKORZYSTANIE METODY ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH W MODELOWANIU WYMIANY CIEPŁA W PRZEGRODZIE BUDOWLANEJ WYKONANEJ Z PUSTAKÓW STYROPIANOWYCH

W artykule przedstawiono analizę numeryczną parametrów wymiany ciepła w zewnętrznej, pionowej przegrodzie budowlanej wykonanej z pustaków styropianowych. Analizowano wpływ styropianowych przewiązek wewnętrznych na rozkład gęstości strumienia ciepła oraz rozkład temperatury w przegrodzie. Wykazano przydatność metody elementów skończonych do obliczeń cieplnych przegród budowlanych.

Słowa kluczowe: zewnętrzne przegrody budowlane, izolacyjność cieplna, domy energooszczędne, pustaki styropianowe

WPROWADZENIE

Technologia realizacji domów jednorodzinnych z pustaków styropianowych jest w Polsce znana od pierwszej połowy lat dziewięćdziesiątych XX wieku. W związku ze zmianami w przepisach prawnych [1] i sukcesywnym obniżaniem maksymalnych wartości współczynników przenikania ciepła przez przegrody budowlane inwestorzy coraz częściej realizują domy energooszczędne. Pustaki styropianowe mogą być wykorzystywane do tego typu przedsięwzięć, gdyż zapewniają odpowiednią szczelność oraz izolacyjność termiczną przegrody.

Na polskim rynku dostępne są kształtki styropianowe, które mają za zadanie spełniać przede wszystkim dwie funkcje:

- konstrukcyjną - pustak styropianowy spełnia rolę szalunku traconego i nie przenosi obciążeń, dopiero po wypełnieniu mieszanką betonową tworzy ścianę z betonu przenoszącą obciążenia,
- izolacyjną - kształt pustaka pozwala na uzyskanie korzystnego zróżnicowania grubości izolacji w warstwie zewnętrznej (grubość od 50 do 250 mm) oraz wewnętrznej (grubość 50 mm).

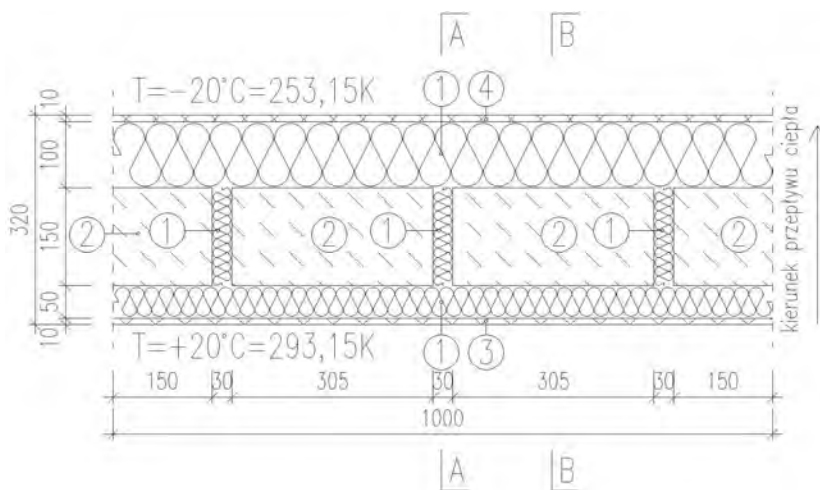
Przykładowym rozwiązaniem może być styropianowy element o długości 1,2 m i wysokości 0,25 m, którego schemat pokazano na rysunku 1. Ułożone pustaki łączą się, tworząc jednolitą wewnętrzną i zewnętrzną warstwę materiału izolacyjnego. Ze względów konstrukcyjnych warstwy te połączone są ze sobą przewiąz-

kami. Przewiązki mogą być wykonane ze styropianu, tworzyw polimerowych lub stali.

Celem niniejszej pracy było zbadanie wpływu przewiązek na wymianę ciepła w pionowej zewnętrznej przegrodzie budowlanej wykonanej z pustaków styropianowych [2].

1. ZAŁOŻENIA MATERIAŁOWE

W artykule przedstawiono parametry charakteryzujące wymianę ciepła przez przegrodę z przewiązkami styropianowymi o szerokości 30 mm i wysokości równej 1/3 wysokości pustaka styropianowego w rozstawie osiowym 335 mm (rys. 1). Warstwa ocieplenia zewnętrznego analizowanej przegrody ma grubość 100 mm, a warstwa wewnętrzna 50 mm. Przewiązki w pustakach styropianowych mogą zakłócać stabilną co do wartości gęstość strumienia przepływu ciepła. Złożoność tego zjawiska warunkuje potrzebę użycia do obliczeń związanych z wymianą ciepła programu wykorzystującego metodę elementów skończonych.



Rys. 1. Układ konstrukcyjny analizowanej przegrody zewnętrznej – przekrój poziomy:
1 - pustak styropianowy, gr. 100 i 50 mm, 2 - beton zwykły, gr. 150 mm, 3 - tynk gipsowy, gr. 10 mm, 4 - tynk cienkowarstwowy, gr. 10 mm [oprac. własne]

Przyjęto, że pomieszczenie po wewnętrznej stronie przegrody przeznaczone jest na stały pobyt ludzi bez okryć zewnętrznych, niewykonyjących w sposób ciągły pracy fizycznej, w którym zakłada się temperaturę obliczeniową równą $+20^{\circ}\text{C}$. Ponadto obiekt usytuowano w III strefie klimatycznej z projektową temperaturą zewnętrzną na poziomie -20°C [1, 3].

Kierunek strumienia ciepła ustalono jako poziomy, a co za tym idzie, opory przyjmowania ciepła na powierzchni R_{si} i R_{se} przyjęto na poziomie: 0,13 oraz $0,04\text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ [3].

Na podstawie danych zawartych w [4] przyjęto właściwości materiałowe jak w tabeli 2.

Tabela 2. Wymagania izolacyjności cieplnej [3]

Nr warstwy	Materiał	Gęstość w stanie suchym [kg/m ³]	Ciepło właściwe w stanie suchym [J/kg·K]	Współczynnik przewodzenia ciepła w warunkach średnio wilgotnych [W/m·K]	Opór przejmowania ciepła [m ² ·K/W]
i	Powierzchnia wewnętrzna	–	–	–	0,13
1	Pustak styropianowy EPS	15÷24	1460	0,035	4,29
2	Beton zwykły z kruszywa kamiennego	1900	840	1,70	0,09
3	Tynk gipsowy	1000	–	0,40	0,25
4	Tynk cienkowarstwowy	1850	840	1,00	0,01
e	Powierzchnia zewnętrzna	–	–	–	0,04

Współczynnik przenikania ciepła dla przegrody składającej się z materiałów jak w tabeli 2 wynosi 0,20 W/m²·K.

2. MODEL OBLICZENIOWY

Analizę przeprowadzono za pomocą programu ANSYS 13 Teaching Introductory opartego na metodzie elementów skończonych. Warstwy przegrody zamodelowano jako Thermal Solid Quad 4node 55, czterowęzłowo z jednym stopniem swobody w każdym węźle: temperatura. Właściwości materiałowe przyjęto jak w tabeli 2.

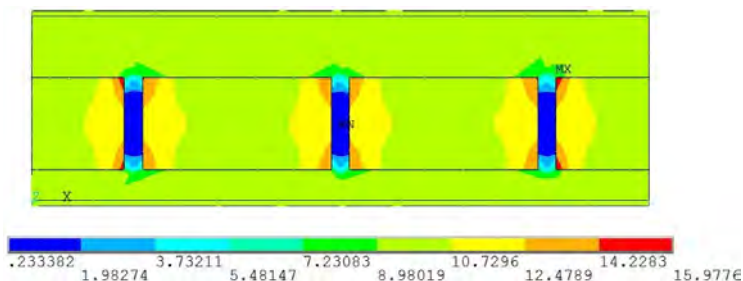
Warunki brzegowe, czyli temperaturę ośrodka A, ośrodka B oraz współczynniki przejmowania ciepła α , przyjęto:

- dla ośrodka A (strona zewnętrzna)
VALI: 25 (współczynnik przejmowania ciepła $\alpha_A = 25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)
VALI2I: 253,15 (temperatura $T_A = 253,15 \text{ K} = -20^\circ\text{C}$)
- dla ośrodka B (strona wewnętrzna)
VALI: 8 (współczynnik przejmowania ciepła $\alpha_B = 8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)
VALI2I: 293,15 (temperatura $T_B = 293,15 \text{ K} = +20^\circ\text{C}$)

Analiza przeprowadzona została przy założeniu jednorodności i izotropii materiałów, z jakich wykonane są poszczególne warstwy analizowanej pionowej przegrody budowlanej [2].

3. WYNIKI ANALIZY NUMERYCZNEJ

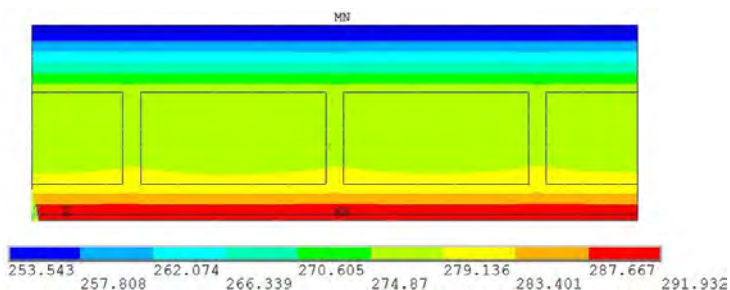
Na rysunku 2 przedstawiono obliczaną w programie ANSYS 13 Teaching Introductory gęstość strumienia ciepła w przegrodzie w miejscu występowania styropianowych przewiązek.



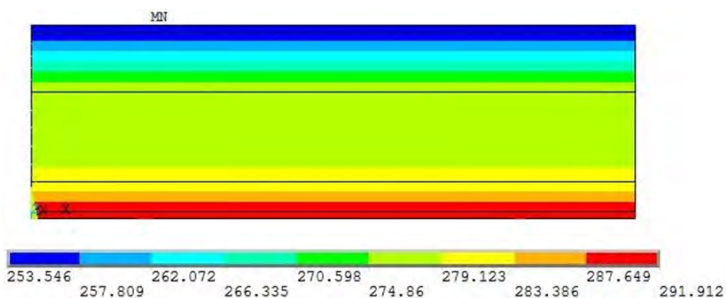
Rys. 2. Wyznaczona gęstość strumienia ciepła w miejscu występowania styropianowych przewiązek [5]

Dodatkowe obliczenia wykazały, że w przypadku braku przewiązek, gęstość strumienia ciepła byłaby stała w całej przegrodzie i wynosiłaby $9,91 \text{ W/m}^2$.

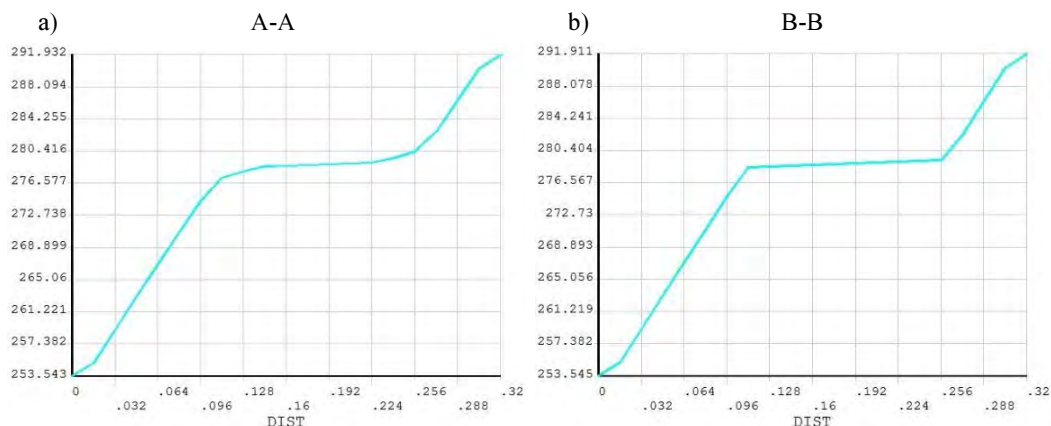
Na rysunkach 3 i 4 pokazano rozkłady temperatur, które przełożyły się na wykresy przedstawione na rysunku 5.



Rys. 3. Rozkład temperatury w analizowanej pionowej przegrodzie budowlanej wykonanej przy użyciu pustaków styropianowych w miejscu występowania styropianowych przewiązek [5]



Rys. 4. Rozkład temperatury w analizowanej pionowej przegrodzie budowlanej wykonanej przy użyciu pustaków styropianowych, w miejscu gdzie nie występują styropianowe przewiązki [5]



Rys. 5. Wykresy temperatur w funkcji grubości w analizowanej przegrodzie: a) przekrój przez styropianową przewiązkę A-A (rys. 1), b) przekrój przez beton B-B (rys. 1) [5]

Poprzez odpowiednie zestawienie wykresów można analizować wpływ elementów zakłócających (styropianowe przewiązki) prosty przepływ strumienia ciepła. Wykres rozkładu temperatury w funkcji grubości przegrody w przekroju przez żeberko (A-A) nie różni się w sposób znaczący od wykresu w przekroju przez beton (B-B) ma jednak kształt krzywoliniowy w obrębie styku podstawowych warstw przegrody.

Krzywoliniowość wykresu w przekroju A-A świadczy o niejednorodnej gęstości strumienia przepływu ciepła (rys. 2).

PODSUMOWANIE

Przedstawiony w artykule sposób analizy parametrów związanych z przepływem ciepła przez niejednorodną przegrodę budowlaną (pustak styropianowy z przewiązkami) potwierdza potrzebę stosowania programów wykorzystujących metodę elementów skończonych do tego typu obliczeń.

Graficzne przedstawienie gęstości strumienia ciepła w analizowanej pionowej przegrodzie budowlanej wykonanej z pustaków styropianowych pozwala na określenie wielkości stref zakłócenia jednorodnego przepływu ciepła, a graficzne przedstawienie rozkładu temperatury w funkcji grubości przegrody pozwala na określenie wpływu liniowych lub punktowych elementów konstrukcyjnych na ten rozkład. W rozpatrywanym przykładzie wykazano, że wpływ przewiązek styropianowych na wymianę ciepła w pionowej przegrodzie zewnętrznej wykonanej z pustaków styropianowych jest minimalny, co znajduje potwierdzenie w analizie wykresów temperatury w funkcji grubości przegrody.

Programy wykorzystujące metodę elementów skończonych znacznie ułatwiają analizę termiczną niejednorodnych przegród budowlanych oraz ułatwiają optymalizację procesów projektowania izolacji termicznej obiektów budowlanych.

LITERATURA

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2002, Nr 75, poz. 690 z późniejszymi zmianami).
- [2] Helbrych P., Technologia wykonywania budynków jednorodzinnych przy użyciu pustaków styropianowych, Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej 2014, nr 170, Budownictwo 20, 73-80.
- [3] PN-EN 12831:2006 Instalacje ogrzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego.
- [4] PN-EN ISO 6946:2008 Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania.
- [5] ANSYS Mechanical APDL Thermal Analysis Guide, 2013.

APPLICATION OF FINITE ELEMENTS METHOD IN MODELLING OF THE WALL HEAT EXCHANGE BUILDING MADE OF HOLLOW BLOCKS OF EPS USING MES

The article presents an analysis of the numerical parameters of heat exchange in the wall of the hollow polystyrene. The effect of EPS fasteners internal distribution of heat flux and temperature distribution in the wall was analyzed. It has been demonstrated the usefulness of the finite element method to calculate the heat in the wall.

Keywords: exterior building partitions, thermal insulation, energy efficiency, energy-saving houses, blocks of polystyrene