



Budowa terenowego i laboratoryjnego stanowiska badawczego do określania wartości współczynnika przenikania ciepła. Część II – Aspekty transportu energii

Mgr inż. Piotr Bieranowski, Wydział Nauk Technicznych,
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

1. Wprowadzenie

Do końca XIX wieku nie istniały [1] stricte prawne zapisy formułujące wymagania w aspekcie ochrony cieplnej budynków. W zakresie wznoszenia ścian kierowano się głównie wieloletnią praktyką rzemieślniczą, opartą na doświadczeniach, związanych z danym, miejscowym klimatem. Nikt wtedy nie opierał się w procesie projektowym na obliczeniach natury inżynierskiej, a jedynie z punktu widzenia zdobytej wiedzy kształtował grubości obudowy budynku.

Można powiedzieć, że współczynnik przenikania ciepła, jako kryterium ciepłochronności obudowy budynków – ma swoje korzenie w przepisach lokalnych sprecyzowanych dla miast niemieckich. Źródła podają, że miało to miejsce w XIX wieku. Jednym z pierwszych dokumentów o charakterze normatywnym było Rozporządzenie Ministerialne z dnia 24 III 1901 r. wydane na terenie ówczesnego Cesarstwa Niemieckiego. Normatyw ten podawał wartości liczbowe z błędem nieprzekraczającym 10% współczynnika przenikania ciepła, które powinny być wyznaczone obliczeniowo i zachowane przez projektującego budynek architekta. Do dziś charakterystyka ta przetrwała bez większych zmian. Obecnie

wartości współczynnika przenikania ciepła obowiązujące na terenie naszego kraju zawarte są w [2] (rys. 1). Metodologia obliczeń omawianego kryterium zawarta jest w normach [3, 4].

Rok 1919 przynosi sformułowanie kryterium, opracowane przez Hencky'go, według którego na wewnętrznej powierzchni przegrody zewnętrznej pełnej nie powinna występować kondensacja pary wodnej, skąd wynika warunek współczynnika przenikania ciepła [5]:

$$U < \frac{\vartheta_i(t_i - t_r)}{t_i - t_e} \quad (1)$$

gdzie:

U – współczynnik przenikania ciepła [$W/(m^2 \cdot K)$],
 ϑ_i – opór cieplny przegrody [$(m^2 \cdot K)/W$], oznaczenie wg [5],
 t_i – temperatura powietrza wewnętrznego [$^{\circ}C$],
 t_e – temperatura powietrza zewnętrznego [$^{\circ}C$],
 t_r – temperatura punktu rosy powietrza wewnętrznego [$^{\circ}C$].

Norma [3] podaje definicję współczynnika przenikania ciepła jako:

$$U = \frac{1}{R} \quad (2)$$

gdzie:

R – opór cieplny przegrody [$(m^2 \cdot K)/W$],
 bądź ze wzoru:

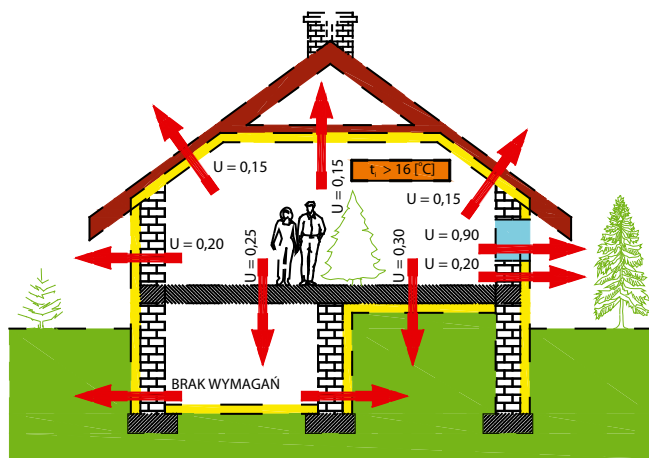
$$U = \frac{q}{t_i - t_e} \quad (3)$$

gdzie:

q – gęstość strumienia ciepła [W/m^2].

Równania zamieszczone powyżej dotyczą stanu stacjonarnego – ustalonego w czasie.

Okres międzywojenny przynosi dla Europy Zachodniej rozwój systemów centralnego ogrzewania w budynkach i systemów ciepłowniczych podających do budynku medium. Wywołuje to potrzebę wymiarowania tych systemów z uwzględnieniem procesu przenikania ciepła poprzez konstrukcje ścian zewnętrznych rozpatrywanych budynków.



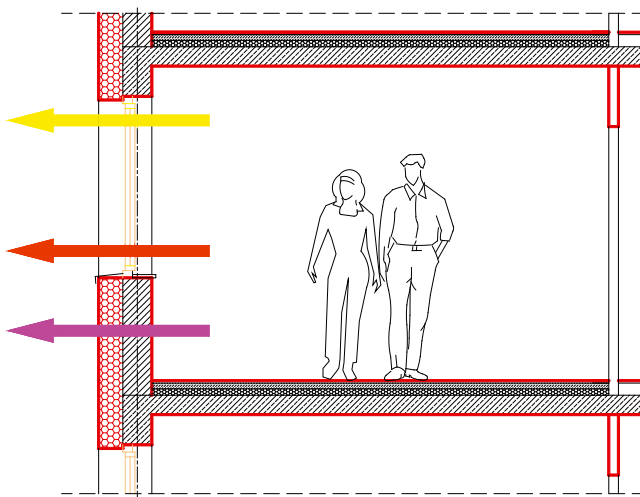
Rys. 1. Wartości współczynnika przenikania ciepła, jakie będą obowiązywać od 2021 r. (opracowanie według [2, 13], rys. archiwum autora)



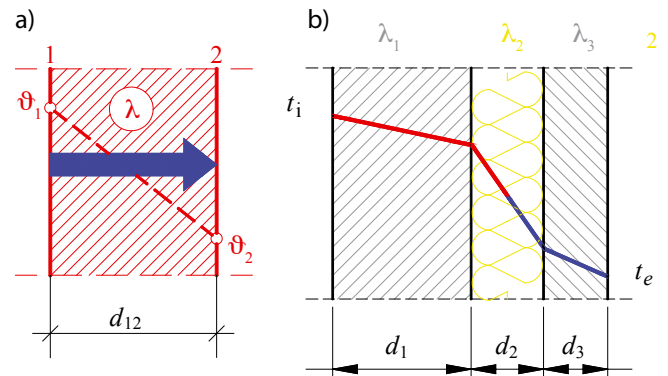
W tym czasie zaczęły pojawiać się normy ochrony termicznej budynków, które zawierały maksymalne wartości współczynnika przenikania ciepła (najczęściej wartości ustalane były według kryterium Hencky'ego), z uwzględnieniem doświadczeń wywodzących się z budownictwa tradycyjnego. Tego rodzaju podejście było upowszechnione po zakończeniu drugiej wojny światowej.

2. Ruch ciepła w przegrodach budowlanych – mechanizmy transportu ciepła

Wymiana ciepła to zjawisko, które powszechnie występuje w przyrodzie i zachodzi wszędzie tam, gdzie istnieje różnica temperatury [1]. Sam proces jest bardzo skomplikowany – w związku z tym, dokonuje się wielu uproszczeń w celu uzyskania rozwiązań. W praktyce skupia się to na poszukiwaniu pola temperatur lub obliczenia ilości wymiany ciepła przekazywanej z jednego układu termodynamicznego do drugiego – lub w granicach danego układu. Energia wewnętrzna danego ciała jest mierzona za pomocą parametru stanu w aspekcie intensywności, jakim jest temperatura oraz parametrów stanu w kontekście ekstensywnym, jakimi są entalpia i entropia. Z punktu widzenia budownictwa w głównym kręgu rozważań leży temperatura. Do zapoczątkowania ruchu energii termicznej potrzeba w układzie termodynamicznym pojawienia się gradientu temperatury. Ma to podstawę logiczną w tym, że rozpatrywany układ będzie dążył do równowagi (zerowa zasada termodynamiki). Z drugiej zasady termodynamiki wiemy zaś, że układ termodynamiczny mający pole temperatury o większej wartości odda energię układowi mającemu niższy stopień nagrzania ciała, które może mieć różną formę skupienia (stałego lub gazu). Fizyczne mechanizmy opisujące transport ciepła dzielimy na trzy procesy, zachodzące wspólnie razem lub w konwencji parowej, a są to: przewodzenie, konwekcja i promieniowanie [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13].



Rys. 2. Rysunek poglądowy procesu przewodnictwa cieplnego (opracowanie według [14], rys. archiwum autora)



Rys. 3. Przewodnictwo w warunkach ustalonych: a) ściana jednorodna, b) ściana wielowarstwowa (rys. archiwum autora)

Przewodzenie ciepła jest zjawiskiem polegającym na propagowaniu się energii wewnątrz rozpatrywanego ośrodka lub z jednego ośrodka do drugiego przy ich bezpośrednim styku. Proces transportu energii termicznej zachodzi z miejsc o temperaturze wyższej do miejsc mających niższą miarę nagrzania, przy czym poszczególne cząstki analizowanego układu nie wykazują większych zmian w położeniu.

Konwekcja jest zjawiskiem opisującym unoszenie ciepła. Występuje, gdy poszczególne cząstki ciała, w którym przenosi się ciepło, zmieniają swoje położenie.

Promieniowanie polega na przenoszeniu energii przez kwanty promieniowania elektromagnetycznego. Radiacja ta jest opisywana przez pewien zakres widma – zakres długości fali promieniowania.

Zjawisko **przewodzenia ciepła** (rys. 2, 3) zostało opisane prawem Fouriera: przepływ ciepła jest proporcjonalny do gradientu temperatury. Zależność tę wyrażamy wzorem:

$$q = -\lambda \cdot \text{grad}T \quad (4)$$

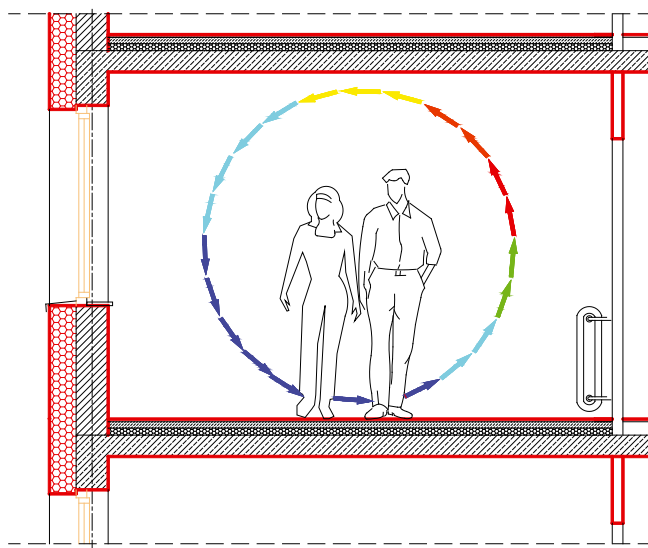
gdzie:

q – gęstość strumienia ciepła [W/m^2],

λ – współczynnik przewodzenia ciepła (przewodność cieplna lub też współczynnik proporcjonalności) [$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$],

T – temperatura bezwzględna [K].

Konwekcja cieplna (rys. 4, 5) jest charakterystyczna dla płynów (w rozpatrywanym przypadku wiatru, który jako gaz jest również płynem, oraz mieszaniny gazów, jaką jest powietrze w pomieszczeniu mieszkalnym), przenoszenie energii w tym przypadku zachodzi wskutek mieszania się płynu (cieczy lub gazu), a także wskutek przewodzenia – w niewielkim stopniu. Niezbędny do opisu tego procesu oraz samego jego zapoczątkowania jest ruch ośrodka, w którym ciepło jest przenoszone. Ruch ten może być konsekwencją różnicy gęstości spowodowanej różnicą temperatury w danym ośrodku. Zachodzi wówczas zjawisko konwekcji naturalnej, zwanej również swobodną. Jeżeli ruch jest efektem



Rys. 4. Rysunek poglądowy procesu konwencji (unoszenia) (opracowanie według [14], rys. archiwum autora)

oddziaływania urządzeń (jest wzbudzony sztucznie), mówimy wtedy o konwencji wymuszonej. Rozpatrując obudowę budynku, w kręgu zainteresowań leżą głównie zjawiska, jakie powstają na granicy pomiędzy ciałem stałym (obudowa budynku) i płynem (w tym przypadku wiatrem). Proces ten nosi nazwę wnikania, zaś opisuje go prawo Newtona.

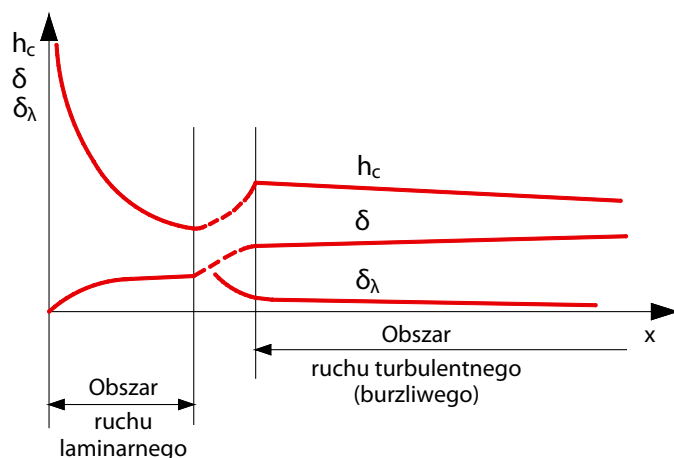
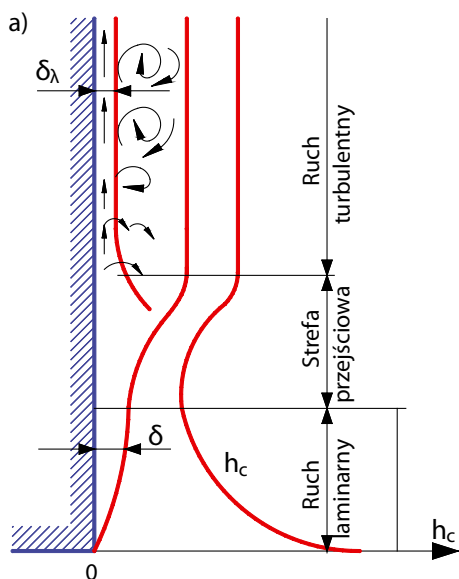
$$q = h_{i(e)} \cdot (t_{ob} - t_{pl}) \quad (5)$$

gdzie:

$h_{i(e)}$ – współczynnik przejmowania ciepła na powierzchni wewnętrznej lub zewnętrznej [$W/(m^2 \cdot K)$],

t_{pl} – temperatura płynu [$^{\circ}C$],

t_{ob} – temperatura obudowy (powierzchni ściany) [$^{\circ}C$].



Rys. 5. Warstwa przyścienna przy konwencji (unoszeniu) swobodnej – naturalnej (a): δ_{λ} – grubość przyściennej warstwy laminarnej przy ruchu burzliwym (turbulentnym), δ – grubość całkowita warstwy przyściennej, h_c – współczynnika przejmowania ciepła przez konwекcję; warstwa przyścienna przy konwекcji wymuszonej (b) (opracowanie według [9], rys. archiwum autora)

Mechanizm **promieniowania ciepła** (rys. 6, 7) polega na emisji (przekazywaniu) w przestrzeń fal elektromagnetycznych – na tej drodze następuje wymiana energii cieplnej. Każde ciało, mające miarę jego nagrzania (parametr stanu – temperaturę) większą od wartości zera bezwzględnej, emituje (wypromieniowuje) w przestrzeń lub z tej przestrzeni ją absorbuje (pochłania). W teorii promieniowania bardzo istotnym odnośnikiem do rozważań naukowych jest pojęcie ciała doskonale czarnego. Ciało to, podlegające hipotetycznym cieplnym właściwościom fizycznym, pozwalające na pochłonięcie całego padającego promieniowania, nie pozwala na odbicie i przepuszczanie fal elektromagnetycznych. Radiacja cieplna jest opisana prawem Stefana-Boltzmana, według którego energia wypromieniowana przez ciało doskonale czarne jest proporcjonalna do czwartej potęgi temperatury bezwzględnej rozpatrywanego ciała. Zapisuje się to następująco:

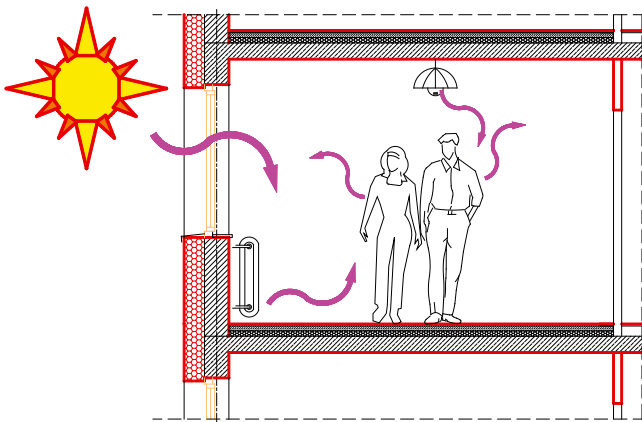
$$Q = \sigma \cdot T^4 \quad (6)$$

gdzie:

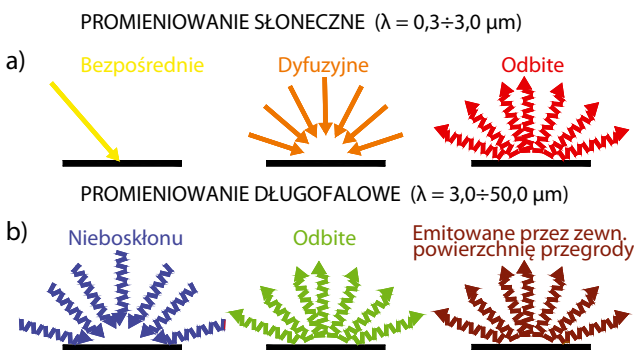
σ – stała Stefana-Boltzmana, $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} [W/(m^2 \cdot K^4)]$,

T – temperatura bezwzględna [K].

Ciała doskonale czarne w rzeczywistości nie istnieją. Materiały budowlane (i inne rzeczywiste) wypromieniowują tylko pewną porcję ciepła, jaką wypromieniowałoby w danej temperaturze ciało idealnie czarne. Dzięki modelowym założeniom o emisji ciepła w przestrzeń przez ciało doskonale czarne powstał współczynnik zwany emisyjnością. Jest ona wyrażana poprzez iloraz energii emitowanej przez dane ciało do energii emitowanej przez ciało czarne w tej samej temperaturze – emisyjność w dużym stopniu zależy od wykończenia powierzchni materiału.



Rys. 6. Rysunek poglądowy procesu promieniowania ciepłego (opracowanie według [14], rys. archiwum autora)



Rys. 7. Krótkofalowe (a) i długofalowe (b) promieniowanie elektromagnetyczne w aspekcie długości fali λ (opracowanie według [15], rys. archiwum autora)

Zapisujemy zatem:

$$Q = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \quad (7)$$

gdzie:

ε – emisyjność [-].

W budownictwie często rozpatrujemy promieniowanie między dwoma układami o temperaturze pierwszego układu T_1 i temperaturze drugiego układu termodynamicznego T_2 – należy mieć na względzie, że temperatura pierwszego układu termodynamicznego jest większa od drugiego. Strumień ciepła w opisywanym przypadku można zapisać poniższym równaniem:

$$Q = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot (T_1^4 - T_2^4) \quad (8)$$

gdzie:

A – powierzchnia odbierająca promieniowanie ciepłe [m^2].

3. Ruch ciepła w przegrodach budowlanych – wymiana ciepła z otoczeniem

Znajomość pola temperatury jest pomocna przy określaniu przewodzenia ciepła. Pole temperatury, które interpretuje rozkład wartości temperatury we wszystkich punktach

rozpatrywanego ciała, określa się jako zależność funkcyjną temperatury od współrzędnych oraz czasu. Prostokątny układ współrzędnych reprezentowany jest poprzez zależność:

$$T = f(x, y, z, \tau) \quad (9)$$

Z niestalonym (niestacjonarnym) transportem (przepływem) ciepła mamy do czynienia w przypadku, gdy temperatura we wzorze (9) nie jest zależna od czasu procesu. Wtedy pole temperatury wyrażane jest następująco:

$$T = f(x, y, z) \quad \frac{\partial T}{\partial \tau} = 0 \quad (10)$$

Zależnie od liczby danych o punktach w przestrzeni, na kierunkach, w których zmienia się temperatura, pole temperatury jest jedno-, dwu- lub trójwymiarowe. Najprostszym przypadkiem tych rozważań jest pole temperatury o modelowym założeniu jednowymiarowości oraz niezmienności parametrów cieplnych w czasie. Wówczas interpretacja tego zapisu wygląda następująco:

$$T = f(x) \quad \frac{\partial T}{\partial y} = \frac{\partial T}{\partial z} = \frac{\partial T}{\partial \tau} = 0 \quad (11)$$

Określenie pola temperatury polega na rozpatrzeniu prostopadłościanu jako elementu przewodzącego ciepło, którego krawędzie są skierowane równoległe do osi kartezjańskiego układu współrzędnych. Za długości określone względem układu przyjmuje się dx, dy, dz . Temperatura analizowanego elementu w danej chwili ma wartość T i może ulegać zmianom w czasie. W celu otrzymania równania przewodnictwa ciepłego należy rozpatrzyć bilans energetyczny prostopadłościanu. Wewnątrz elementu mogą działać źródła energii termicznej. Ciepło, które wydzieli się w ciągu jednostki czasu, w rozpatrywanej elementarnie objętości, wyniesie:

$$dQ_v = q_v \cdot dV \cdot d\tau \quad (12)$$

gdzie:

dQ_v – ciepło wydzielone w elemencie,

q_v – wydajność wewnętrznego źródła ciepła,

dV – objętość, $dV = dx, dy, dz$.

Bilans energetyczny elementu przy uwzględnieniu możliwości wewnętrznego wydzielania się energii cieplnej wyraża się równaniem:

$$dQ - dQ_r = dU + dL \quad (13)$$

gdzie:

dQ – ciepło wydzielone/wprowadzone z/do elementu,

dU – przyrost energii wewnętrznej elementu,

dL – praca zewnętrzna.

Proces przewodnictwa ciepłego zachodzi ogólnie przy stałym parametrze stanu, jakim jest ciśnienie, w związku z tym otrzymujemy:



$$dU + dL = dI \quad (14)$$

gdzie:

dI – przyrost ekstensywnego parametru stanu – entalpii w elemencie (prostokątnościennie),

Wzrost entalpii dI w elemencie prostokątnościennym w czasie $d\tau$, gdy jego temperatura zmieni się o elementarną wartość dT , wyniesie:

$$dI = c_p \rho \frac{dT}{d\tau} dV d\tau \quad (15)$$

gdzie:

c_p – ciepło właściwe [J/(kg·K)],

ρ – gęstość [kg/m³].

Bilans energetyczny interpretuje wówczas poniższe równanie:

$$(dQ_x + dQ_y + dQ_z) + q_V dV d\tau = c_p \rho \frac{dT}{d\tau} dV d\tau \quad (16)$$

Odpowiednio podstawiając i skracając przez $dV d\tau$, otrzymujemy nieliniowe równanie różniczkowe, określające przewodnictwo cieplne Fouriera-Kirchhoffa:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_x \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda_y \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) + q_V = c_p \rho \frac{dT}{d\tau} \quad (17)$$

Dla ciała izotropowego (jednorodnego) współczynnik przewodzenia ciepła λ ma stałą wartość, niezależnie od rozpatrywanego kierunku, bilans energii zapisuje się wtedy jako:

$$\lambda \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + q_V = c_p \rho \frac{dT}{d\tau} \quad (18)$$

Wprowadzając operator nabla:

$$\nabla^2 T = \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) \quad (19)$$

oraz współczynnik wyrównania temperatury:

$$a = \frac{\lambda}{\rho c_p} \quad [\text{m}^2/\text{s}] \quad (20)$$

wyrażamy ostatecznie jako:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a \nabla^2 T + \frac{q_V}{\rho c_p} \quad (21)$$

Równanie (21) może mieć dowolnie dużą liczbę rozwiązań i zastosowanie go do analizy konkretnego przypadku wymaga określenia warunków jednoznaczności jego rozwiązania, a mianowicie [1]:

- warunków geometrycznych określających kształt i wymiary ciała,
- warunków fizycznych określających własności fizyczne substancji, z jakiej zbudowane jest ciało,
- warunków początkowych określających rozkład temperatury w chwili początkowej,

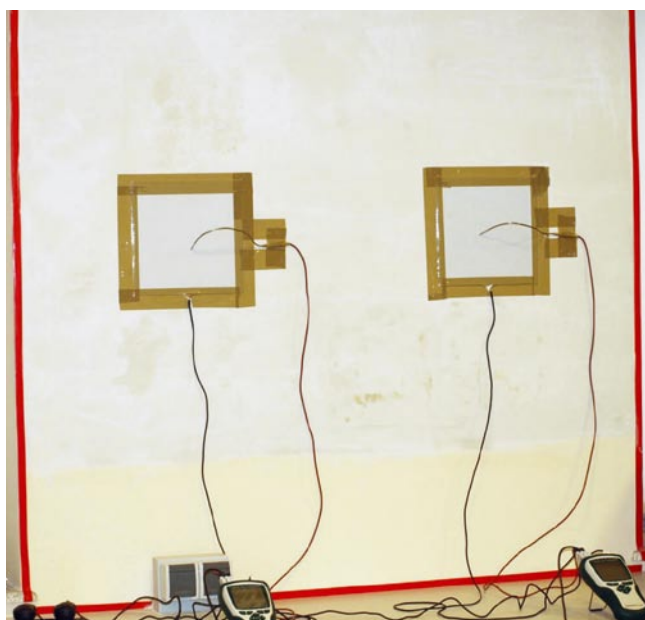
- warunków brzegowych opisujących sposób wymiany ciepła na powierzchniach zewnętrznych.

W teoriach matematycznych interpretujących przewodnictwo cieplne można wyróżnić cztery przypadki warunków brzegowych:

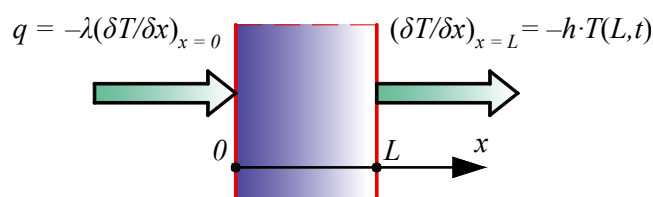
- Warunek pierwszego rodzaju – warunki Dirichleta – określa je znany rozkład temperatury na powierzchni ciała w dowolnej chwili czasowej.
- Warunek drugiego rodzaju – warunki Neumanna – określa je znany rozkład gęstości strumienia ciepła na powierzchni ciała w dowolnej chwili czasowej.
- Warunek trzeciego rodzaju – warunki Fouriera – gdy wymiana ciepła pomiędzy powierzchnią a otaczającym je ośrodkiem odbywa się zgodnie z równaniem (5), a znana jest temperatura ośrodka otaczającego ciało i współczynnik przejmowania ciepła h dla każdego punktu powierzchni ciała w dowolnej chwili czasowej.
- Warunek brzegowy czwartego rodzaju – obejmuje on ciągłości temperatury i gęstości strumienia cieplnego na brzegu wspólnym dla dwóch obszarów.

4. Podsumowanie

Mając na uwadze pierwszą część niniejszego opracowania, w której zaprezentowano i szczegółowo opisano stanowisko do pomiarów współczynnika ciepła (możliwości pomiarów w terenie, jak i zarówno w laboratorium), należy zaznaczyć, że w prowadzonych pomiarach uzyskuje się dane dla II (rys. 8) z wymienionych powyżej warunków brzegowych, tj. informację o wartości gęstości strumienia ciepła,



Rys. 8. Stanowisko do pomiaru współczynnika przenikania ciepła. Widoczne zamocowane czujniki płytowe typu termopara (mierzą wartość gęstości strumienia ciepła na brzegu ściany konstrukcyjnej – od wewnątrz pomieszczenia – warunek brzegowy Neumanna) (fot. archiwum autora)



Rys. 9. Graficzna interpretacja II warunku brzegowego – Neumanna (opracowanie według [16], rys. archiwum autora)

otrzymanej z czujnika pomiarowego typu termopara. Graficzna interpretacja II warunku brzegowego Neumanna, który został bezpośrednio użyty do rejestracji pomiarów z omawianych badań naukowych, została przedstawiona na rysunku 9.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ślusarek J., Wilk-Słomka B., Procesy termiczne w przegrodach budowlanych o złożonej strukturze, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2010
- [2] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013 zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Poz. 926., Warszawa, dnia 13 sierpnia 2013 r.)

- [3] PN-EN ISO 6946:2008: Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania
- [4] PN-EN 12524:2003: Materiały i wyroby budowlane – Właściwości cieplno-wilgotnościowe – Tabele wartości obliczeniowe
- [5] Cammerer J. S., Izolacje cieplochronne w przemyśle, Wydawnictwo Arkady, Warszawa, 1967
- [6] Bogosławski W. N., Fizyka budowlanej, Wydawnictwo Arkady, Warszawa, 1975
- [7] Kossowska-Cezak U., Meteorologia i klimatologia: pomiary, obserwacje, opracowania, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2000
- [8] Kozierski J., Zagadnienia fizyczne w budownictwie i instalacjach, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Łódź, 1971
- [9] Pogorzelski J. A., Fizyka cieplna budowlanej, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 1976
- [10] Staniszewski H., Wymiana ciepła, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1980
- [11] Wiśniewski S., Wiśniewski T. S., Wymiana ciepła, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2000
- [12] Wyrwał J., Termodynamiczne podstawy fizyki budowlanej, Wydawnictwo Politechniki Opolskiej, Opole, 2004
- [13] Dylla A., Praktyczna fizyka budowlanej, Wydawnictwa Uczelniane UPT, Bydgoszcz, 2009
- [14] Izolacje styropianowe w budownictwie, Stowarzyszenie Producentów Styropianu – Styropian, Chmielów, 2005
- [15] Nowak H., Zastosowania badań termowizyjnych w budownictwie, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2012
- [16] Sradomski W., Matlab, Praktyczny podręcznik modelowania, Helion, Gliwice, 2012

XVII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Materiały i Technologie Energooszczędne – Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym”

4–5 listopada br. odbyła się XVII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Materiały i Technologie Energooszczędne – Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym”. Organizatorem konferencji jest Katedra Inżynierii Procesów Budowlanych Wydziału Budownictwa Politechniki Częstochowskiej, a patronat objęli JM rektor Politechniki Częstochowskiej prof. dr hab. inż. Norbert Szczygiol, Komisja Inżynierii Budowlanej Polskiej Akademii Nauk oraz Komisja Ochrony Środowiska i Gospodarki Odpadami PAN. Partnerami konferencji były ośrodki naukowe: Research Institute of Building Physics (NIISF) Russian Academy of Architecture and Building Sciences, University of Žilina i Georgian Technical University. Tak jak w latach poprzednich konferencję wspierali: Polski Związek Inżynierów i Techników Budownictwa Oddział w Częstochowie oraz Śląska Okręgowa Izba Inżynierów Budownictwa. W tym roku, z uwagi na zagrożenia związane z pandemią COVID-19, przedsięwzięcie zorganizowano w formie wideokonferencji, co umożliwiło uczestnikom zaprezentowanie swoich referatów oraz wzajemną komunikację z zachowaniem bezpieczeństwa. W konferencji uczestniczyło ponad 90 osób, zaprezentowano referaty z 19 ośrodków naukowych z kraju i zagranicy (m.in.

z Armenii, Gruzji, Litwy, Łotwy, Polski, Rosji, Ukrainy i Węgier). Jak co roku, była to okazja do wspólnego spotkania przedstawicieli uczelni, w tym również studentów, ale także reprezentantów instytucji naukowo-badawczych, stowarzyszeń oraz firm z branży budowlanej. Autorzy referatów zaprezentowali wyniki badań naukowych oraz poszukiwań nowatorskich rozwiązań projektowych, materiałowych, konstrukcyjnych, technologicznych i organizacyjnych, pozwalających zoptymalizować pod względem energetycznym, ale również ekologicznym realizację, eksploatację oraz utylizację obiektu budowlanego. Praktykowane od szeregu już lat łączenie prezentacji referatów, obrad i dyskusji z wystąpieniami przedstawicieli firm z branży budowlanej pozwala uczestnikom na zapoznanie się ze współczesną praktyką budowlaną, w tym możliwościami modernizacji istniejących obiektów budowlanych oraz realizacji nowych. Konferencję wsparły i zaprezentowały się w formie prezentacji następujące firmy i instytucje: ALUPROF S.A. z Grupy Kęty S.A., FAKRO Sp. z o.o., Schöck Sp. z o.o., TESTO Sp. z o.o., Polski Związek Producentów i Przetwórców Izolacji Poliuretanowych PUR i PIR „SIPUR”, YAWAL S.A.

Dr inż. Adam Ujma