PROJEKT ADAPTACJI ISTNIEJĄCEJ PRZEGRODY BUDOWLANEJ ZNAJDUJĄCEJ SIĘ W DOMU STUDENTA PAŃSTWOWEJ SZKOŁY WYŻSZEJ IM. PAPIEŻA JANA PAWŁA II PRZY UL. SIDORSKIEJ 105 W BIAŁEJ PODLASKIEJ DO BADAŃ Z ZAKRESU FIZYKI CIEPLNEJ BUDOWLI

Adam Wasilewski, Daniel Tokarski, Krystian Łukaszuk
Państwowa Szkoła Wyższa im. Papieża Jana Pawła w Białej Podlaskiej
Wydział Nauk Ekonomicznych i Technicznych, ul. Sidorska 95/97, 21-500 Biała Podlaska
e-mail: dantokarski@wp.pl

Streszczenie
Zagadnienia cieplne są to jedne z najważniejszych zagadnień w budownictwie. Wraz z rozwojem technologii wykonywania budowli oraz ulepszania jakościowego materiałów, położono nacisk nie tylko na ekonomiczny proces budowy, ale również na niskie koszty późniejszej eksploatacji budynków. Wiąże się to z potrzebą zrozumienia fizyki cieplnej budowli. Niniejsza praca opisuje podstawowe definicje oraz zawiera projekt przegrody budowlanej, która ma za zadanie ułatwić wyjaśnienie wybranych zjawisk termofizycznych. Przegroda będzie zawierać przykładowe elementy, używane w budownictwie, aby pokazać ich wpływ na właściwości cieplne budynków.

Słowa kluczowe: fizyka cieplna budowli, termowizja, współczynnik przenikania ciepła

Wstęp

Ciepło to swoista forma energii związana z chaotycznym ruchem molekuł, atomów i cząstek tworzących materię. Charakterystyczną cechą tej formy energii jest jej przekazywanie, oddawanie lub przejmowanie przez molekuły z innych obszarów materii. Część energii molekuł z obszaru, który określany jest jako cieplejszy, jest oddawana molekułom z sąsiadującego chłodniejszego obszaru. Proces przebiega w czasie i nazywany jest przepływem ciepła (Jaworski, 2000).

Ruch ciepła następuje od ciała cieplejszego do chłodniejszego tak długo, dopóki temperatury nie zostaną wyrównane. Przepływ ciepła może odbywać się na trzy różne sposoby:

- konwekcja,
- promieniowanie,
- przewodzenie.

Konwekcja lub unoszenie jest to przenoszenie energii cieplnej przez poruszające się makroskopowe cząstki gazu lub cieczy przy ich zetknięciu się z sobą lub z ciałem stałym.

Promieniowanie jest to rozchodzenie się energii cieplnej w postaci fali elektormagnetycznej. Energia cieplna na powierzchni ciała promieniującego zmienia sie na energię elektromagnetyczną promieniowania, która padając na powierzchnię drugiego ciała ponownie zmienia się po absorpcji na energię cieplną.

W pomieszczeniach temperatura na powierzchniach przegród wewnętrznych i urządzeń lub ludzi jest na ogół wyższa od temperatury wewnętrznych powierzchni przegród zewnętrznych i dlatego wypadkowy strumień ciepła promieniowania przekazywany jest przez nie na wewnętrzne powierzchnie przegród zewnętrznych, natomiast powierzchnie zewnętrzne przegród zewnętrznych, mające zawsze temperaturę wyższą od temperatury powietrza zewnętrznego, promieniują na zewnątrz do otoczenia.

Przewodzenie jest to przekazywanie energii cieplnej cząstkom wewnątrz ciała, przy czym wzajemne położenie tych makroskopowych cząstek nie zmienia się. Odbywa się ono zatem na zasadzie przekazywania energii ruchu drgającego cząstek [Kisilewicz i in., 1998].

Współczynnik przewodzenia ciepła oznaczany symbolem λ, określa zdolność substancji do przewodzenia ciepła. Im jest większy tym więcej ciepła przepłynie przez dany materiał. Jednostka to (W/(m*K)).

Opór cieplny jest używany do oceny izolacyjności termicznej zewnętrznych przegród budowlanych [3].

Opór cieplny pojedynczej warstwy materiału:

$$R = \frac{d}{\lambda} \left[\frac{m^2K}{W}\right] \tag{1}$$

d - grubość warstwy [m]
λ - współczynnik przewodzenia ciepła [W/(m*K)]

Opór cieplny przegrody n-warstwowej:

$$R = \sum_{n=1}^{m} \frac{d_n}{\lambda_n} \left[\frac{m^2K}{W}\right] \tag{2}$$

Współczynnik przejmowania ciepła opisuje wymianę ciepła na przypowierzchniowych warstwach powietrza, która odbywa się głównie na drodze konwekcji i promieniowania. Współczynnik na wewnętrznej powierzchni przegrody oznacza się jako *hi*, po stronie zewnętrznej *he*. Jednostka to [W/(m^2*K)].

Opór przejmowania ciepła, opór przypowierzchniowych warstw powietrza, które strumień ciepła musi pokonać zanim dotrze do powierzchni przegrody, a od strony zewnętrznej zanim opuści przegrodę (PN-EN ISO 6946). Jest odwrotnością współczynnika przejmowania ciepła:

opór wewnętrzny przejmowania ciepła:

$$R_{si} = \frac{1}{h_i} \left[\frac{m^2K}{W}\right] \tag{3}$$

opór zewnętrzny przejmowania ciepła:

$$R_{se} = \frac{1}{h_e} \left[\frac{m^2K}{W}\right] \tag{4}$$

Całkowity opór cieplny przegrody, oblicza się jako sumę oporów przewodzenia poszczególnych warstw przegrody i oporów przejmowania ciepła na obydwu jej powierzchniach:

$$R_T = R_{si} + \sum_{n=1}^{m} \frac{d_n}{\lambda_n} + R_{se} \quad \left[\frac{m^2K}{W}\right] \tag{5}$$

Techniki pomiarowe

Badania termowizyjne

Termowizja jest metodą badawczą, polegającą na zdalnej i bezdotykowej ocenie rozkładu temperatury na powierzchni badanego ciała. Metoda ta jest oparta na obserwacji i zapisie rozkładu promieniowania podczerwonego wysyłanego przez każde ciało, którego temperatura jest wyższa od zera bezwzględnego i przekształceniu tego promieniowania na światło widzialne (www.certenergia.pl).

Badania termowizyjne można wykonać, aby sprawdzić stan budynku czy mieszkania przed zakupem lub odbiorem od developera, przed odbiorem robót remontowych pod kątem ewentualnych wad wykonawczych. Mogą ujawnić np. brak ciągłości wykonania izolacji w przegrodach budowlanych, oceni stan mostków termicznych przy wieńcach, stolarce okiennej i drzwiowej i połączeniu ścian z fundamentami, wykryć miejsca ucieczki ciepła w instalacjach centralnego ogrzewania, zlokalizować źródła i zasięg zawilgocenia powodującego pogorszenie właściwości cieplnych elementów budynku. Termowizja służy również do ustalania temperatury punktu rosy (moment, w którym para wodna zawarta w powietrzu osiąga na skutek schładzania stan nasycenia - przy zastanym składzie i ciśnieniu powietrza - a, poniżej tego momentu staje się przesycona i skrapla się lub resublimuje).

Badania termowizyjne najlepiej przeprowadzać w następujących warunkach:

- różnica temperatur między temperaturą wewnątrz domu i temperaturą zewnętrzną nie powinna być mniejsza niż ok. 15-20°C,
- brak oświetlenia słonecznego (lub oświetlenie ograniczone), najlepiej wieczorem lub rano,
- stabilne warunki środowiskowe, nie powinno się przeprowadzać kontroli np. przy silnych opadach deszczu lub śniegu,
- okna nie powinny być otwarte na czas kontroli i bezpośrednio przed kontrolą,
- dom powinien być wystarczająco i stabilnie (bez dużych wahań temperatury w danym pomieszczeniu) ogrzany.

Zasada działania kamery termowizyjnej opiera się na zjawisku niewidzialnego promieniowania podczerwonego. Każde ciało o temperaturze wyższej od zera bezwzględnego jest źródłem promieniowania podczerwonego, a jego intensywność zależy od temperatury i cech powierzchni ciała. Kamera rejestruje promieniowanie podczerwone wypromieniowane z badanego celu. Promieniowanie to przechodzi przez soczewkę i skupia się na detektorze, tak samo jak promieniowanie widzialne na kliszy zwykłego aparatu. Każda kamera ma matryce detektorów i współpracujący z nią układ przeszukiwania obrazu (punkt po punkcie linia po linii). Na podstawie odczytu z matrycy detektorów pikseli (przy rozdzielczości 240 x 320 jest ich 76 800) zostanie utworzony rodzaj sygnału elektrycznego, który będzie zmieniać się zależnie od intensywności padania na niego promieniowania podczerwonego. Sygnał ten jest przekształcany do postaci cyfrowej i następnie wizualizowany na wyświetlaczu kamery. Termowizja jest, więc rodzajem termometru działającego na odległość, który pozwala nam poprzez rejestracje różnic promieniowania podczerwonego badanego obiektu stworzyć jego obraz temperaturowy.

Pomiar współczynnika przenikania ciepła *U* metodą ścianki pomocniczej

Do wykonania pomiaru potrzebne są: miernik gęstości strumienia ciepła, termometry do pomiaru temperatury powietrza po obu stronach przegrody. Czujniki gęstości strumienia ciepła należy zamocować do wewnętrznej powierzchni (cieplejsza strona). Zamocowany czujnik do powierzchni przegrody nie zakłóca w sposób istotny przepływającego strumienia ciepła. Gęstość strumienia ciepła odczytuje się bezpośrednio na wyświetlaczu miernika [www.premco.pl]. Odczytywanie wartości gęstości strumienia ciepła w poszczególnych miejscach wybierane jest ręcznie przez zmianę położenia miernika. Po wykonaniu odczytu q i obliczeniu różnicy temperatury na powierzchniach przegrody możemy określić wartość oporu cieplnego przegrody według wzoru (6):

$$R = \frac{\Delta T}{q} \left[\frac{m^2 K}{W}\right] \tag{6}$$

Aby uzyskać wartość współczynnika przenikania przegrody do obliczonego oporu trzeba dodać opory przejmowania ciepła na powierzchniach przegrody:

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} \left[\frac{W}{m^2 K}\right] \tag{7}$$

Założenia projektowe

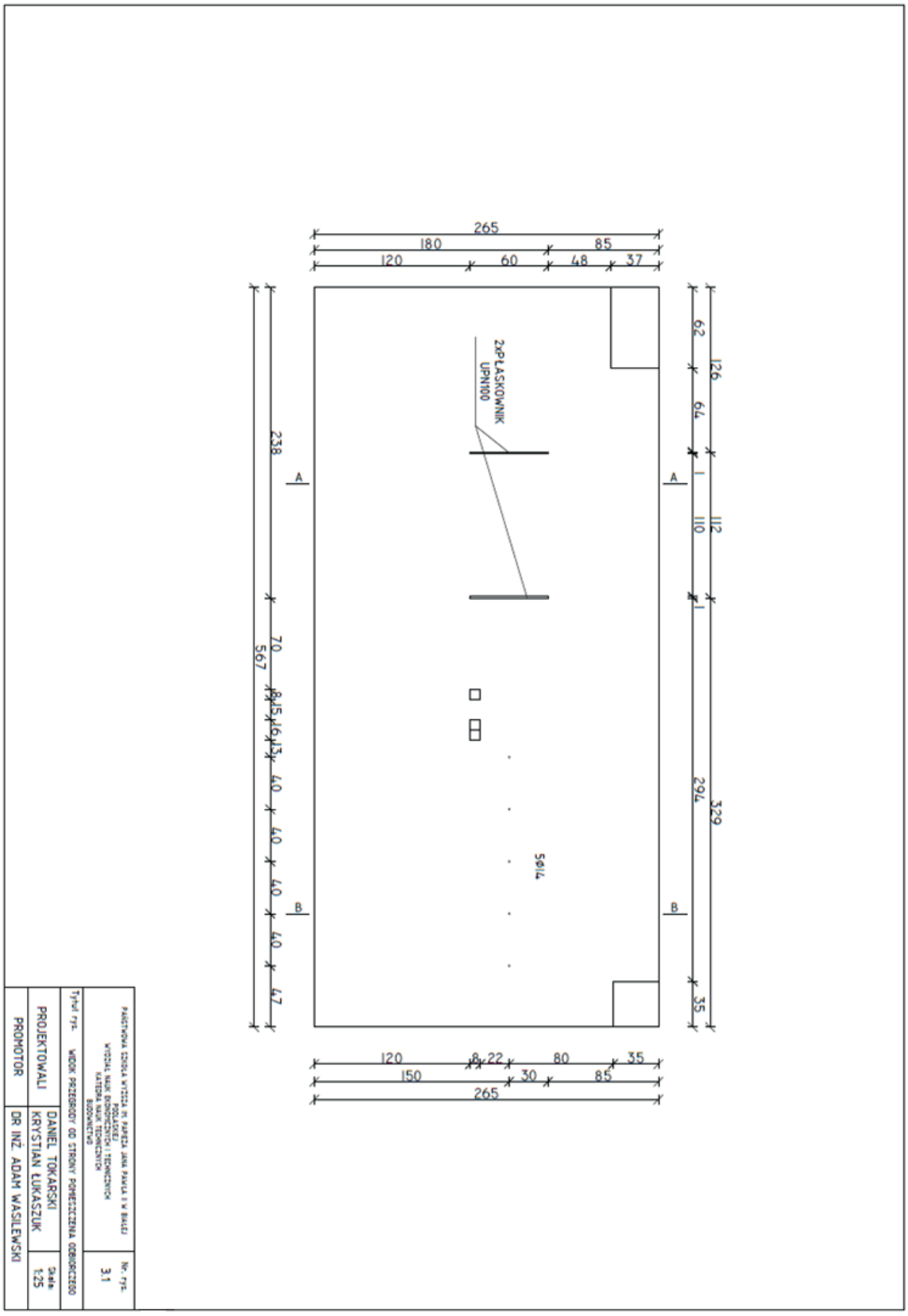
Przegroda dzieli istniejące pomieszczenie laboratoryjne na dwie części. Powstają dwa pomieszczenia: nadawcze i odbiorcze. W przypadku badań cieplnych pomieszczenie nadawcze jest podgrzewane a pomieszczenie odbiorcze chłodzone (zakłada się wykorzystanie urządzeń klimatyzacyjnych) tak żeby uzyskać różnicę temperatur po obu stronach przegrody rzędu 15 - 20˚C. W przegrodzie powinny być wbudowana typowe mostki cieplne (liniowe, punktowe itd.) o zdecydowanie gorszych właściwościach termoizolacyjnych niż pozostała, jednorodna część ściany. Przegroda będzie służyć jako pomoc dydaktyczna przy wykonywaniu następujących ćwiczeń laboratoryjnych z fizyki cieplnej budowli:

Badania termowizyjne w celu wizualizacji mostków cieplnych i analizy rozkładu temperatur na powierzchni przegrody.

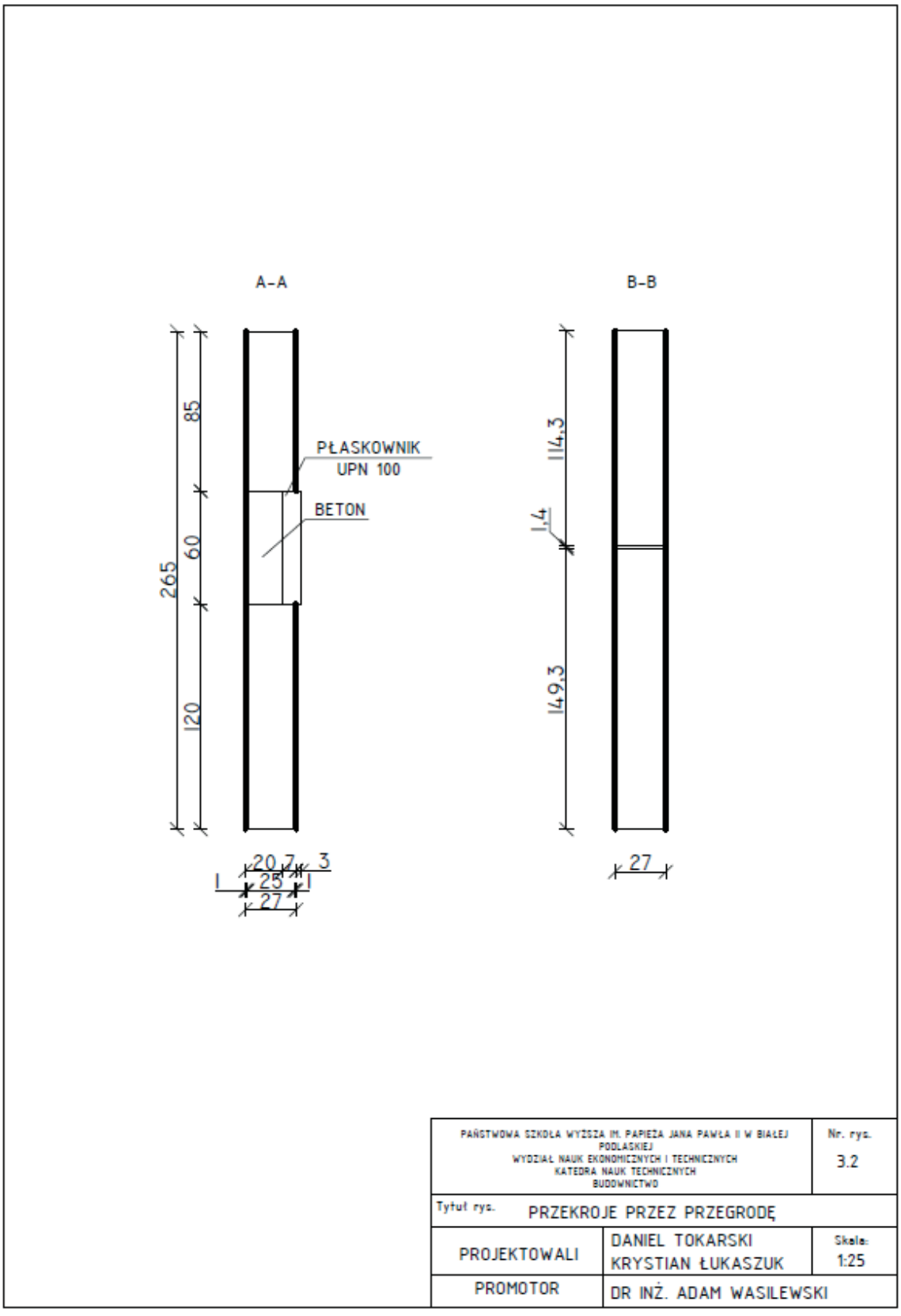
Pomiar współczynnika przenikania ciepła U metodą „ścianki pomocniczej” w obszarze mostka cieplnego i poza mostkiem

Dokumentacja rysunkowa

Rys. 3.1. - Widok przegrody od strony pomieszczenia odbiorczego. Skala 1:25
Rys. 3.2. - Przekroje przez przegrodę. Skala 1:25



Rys. 3.1. Widok przegrody od strony pomieszczenia odbiorczego. Skala 1:25



Rys. 3.2. Przekroje przez przegrodę. Skala 1:25

Podsumowanie

Przegroda budowlana została zaprojektowana na podstawie zebranych informacji z zakresu budownictwa i fizyki cieplnej tak, aby na jej przykładzie w prosty sposób można było wyjaśnić wybrane zagadnienia.

Bibliografia:

1. Jaworski J., *Termografia budynków*, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2000 r.
2. Kisilewicz. T., Królak E., Pieniążek Z., *Fizyka cieplna budowli*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 1998.
3. PN-EN ISO 6946: Komponenty budowlane i elementy budynku - Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła - Metoda obliczania.
4. www.certenergia.pl
5. www.premco.pl

Liczba znaków ze spacjami: 14 449