

Współczynnik przenikania ciepła w świetle nowego Rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej. Badanie współczynnika przenikania ciepła w warunkach *in situ*. Część II – Badania

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

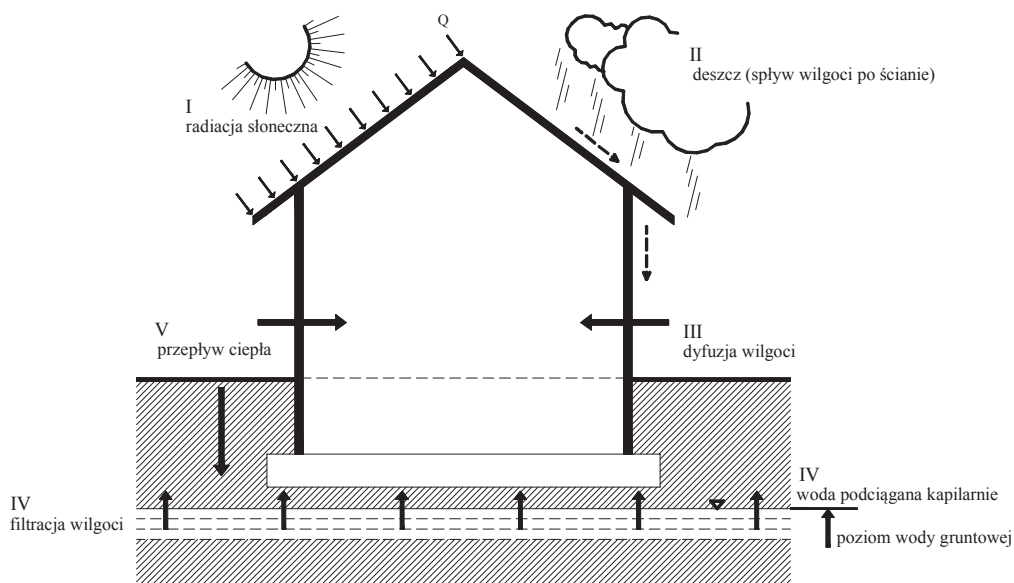
1. Wprowadzenie

W części drugiej publikacji przedstawiono współczynnik przenikania ciepła U [W/m^2K] w interpretacji fizycznej, zaprezentowano definicję normową podbudowaną ilustracjami, podano wartości tegoż parametru wynikające z uaktualnionego przepisu prawnego – rozporządzenia [1] i ostatecznie opisano algorytmy (metody wartości średniej) służące do pomiaru współczynnika przenikania ciepła w warunkach *in situ* w oparciu o nie tłumaczoną do tej pory na język polski normę ISO 9869 *Thermal insulation – Building elements – In situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance* [2].

2. Warunki nieustalone procesu przepływu ciepła

Konwekcyjna gęstość strumienia q_c [4] jest bezpośrednio uzależniona od ruchu powietrza przy powierzchni przegrody. Ruch ten może być laminarny lub turbulentny, wymuszony lub swobodny. Zmiana ruchu, a dokład-

niej jego rodzaju z laminarnego na turbulentny ma miejsce wtedy, gdy warstwa przyścienna, w obszarze której zachodzą zjawiska wymiany ciepła i ruchu ośrodka, przekroczy pewną wartość. Obserwuje się to wtedy, gdy prędkość ruchu cząstek ośrodka (w tym wypadku powietrza) jest odpowiednio duża, jak również wtedy, gdy chłodzony (lub ogrzewany) obszar jest odpowiednio duży. Po stronie zewnętrznej obudowy budynku zwykle występuje konwekcja wymuszona, gdy wewnątrz jej charakter przyjmuje swobodny sposób oddziaływania (konwekcja naturalna). W przypadku konwekcji swobodnej (wewnętrzna strona obudowy budynku, obiektu) możemy wyróżnić przepływ powietrza zarówno laminarny jak i turbulentny. Istnieje kryterium oceny porównawczej rodzaju ruchu płynu, o czym mówi równanie (1). Jest to założenie granicznej wartości ruchu powietrza dla danego charakteru wykonywanego przezeń oddziaływania (graniczną wartość chłodzonej przegrody, przy której jeszcze można założyć ruch laminarny ośrodka). Dla temperatury powietrza $t_e = 20$ [$^{\circ}C$], wartość L_{gr} wynosi



Rys. 1.
Oddziaływanie otoczenia na budowlę. V – przepływ ciepła (opracowanie wg [3])

$$L_{gr} = 0,58 (T_i - \Theta_i) \quad (1)$$

gdzie:

Θ_i , T_i – odpowiednio temperatura przegrody (wnętrze budynku) i powietrza wewnątrz budynku, [K],

L_{gr} – graniczna wartość chłodzonej przegrody, przy której jeszcze można założyć ruch laminarny ośrodka, [m].

Wartością typową, co występuje przy $t_i - \vartheta_i = 5$ [°C], jest zakres $L_{gr} = 2,9$ [m]. Oznacza to, że dla obiektów budowlanych konwekcyjne chłodzenie wewnątrz obiektu (budynku) zachodzi, przyjmując swobodny charakter konwekcji, przy turbulentnym ruchu ośrodka dla obiektów wysokich ($L > 2,9$ [m]), a przy ruchu laminarnym, dla niskich ($L < 2,9$ [m]).

Reasumując powyższe, można wyznaczyć wartości współczynników przejmowania ciepła, które w niewielkim stopniu różnią się dla laminarnego i turbulentnego ruchu powietrza. Parametry te dotyczyć mają obszarów zewnętrznego i wewnętrznego obudowy budynku.

Dla niewielkiej przegrody, $L < 2,9$ [m] i $T_p = 20$ [°C], (m.in. budownictwo mieszkaniowe), określając ruch gazu (powietrza) ośrodka przy płaszczyźnie przegrody jako laminarny, współczynnik przejmowania ciepła dla wewnętrznej powierzchni budynku wynosi:

$$h_{ci} = 1,42 (T_i - \Theta_i)^{1/4} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \quad (2)$$

gdzie:

h_{ci} – współczynnik przejmowania ciepła przez konwekcję na powierzchni przegrody od strony pomieszczenia, [W/(m²·K)],

W przypadku $L > 2,9$ [m] i tej samej wartości temperatury, otrzymuje się:

$$h_{ci} = 1,65 (T_i - \Theta_i)^{1/3} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \quad (3)$$

Jak widać z powyższych równań wartości współczynników przejmowania ciepła w warunkach *in situ* nie są stałe (jak i dla konwekcji, tak i promieniowania – współczynniki te należy sumować). Oprócz ruchu gazu (powietrze) należy jeszcze tu dodać wpływy solarne jak i promieniowanie nieboskłonu. Powyżej zinterpretowano fizyczne oddziaływanie przy przejmowaniu tylko dla ruch powietrza (konwekcji). Szerzej o tym czytelnik znajdzie w literaturze (matematyczny zapis fizycznych oddziaływań na budowlę), [3] (konwekcja przez promieniowanie) [4] i (promieniowanie nieboskłonu) [5].

3. ISO 9869 Thermal insulation – Building elements – In situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance – zalecenia

Dane [2] z czujnika płytowego (z wbudowaną termoparą) – rys. 2 – rejestrowane są w sposób ciągły (lub w odstępach czasu) przy pomocy stacji pomiarowych zbierających dane, które uprzednio programuje się na rejestrację mierzonych parametrów (w odpowiednich in-



Rys. 2. Czujniki płytowe typu termopara zainstalowane na ścianie budynku Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. Poniżej widoczne rejestratory danych. Kolejnym etapem instalowania aparatury pomiarowej jest mocowanie czujników temperatury (fot. autor)

terwałach czasu). Pobieranymi danymi są temperatura T [K], po zewnętrznej i wewnętrznej stronie obudowy (konstrukcji ściany zewnętrznej) budynku i gęstość strumienia ciepła q [W/m²], który przepływa przez przegrodę budowlaną w wyniku procesu wymiany ciepła. Należy podkreślić, że wyniki pobiera się dla całkowicie zakończonych cykli dobowych (dni).

Aparatura badawcza

W skład aparatury badawczej wchodzi [6] (rys. 3a i 3b) czujniki mierzące gęstość strumienia ciepła o budowie płyty z wbudowaną termoparą (termopara ma kształt okrągły). Płytki posiadają wymiary zewnętrzne 25 [cm] x 25 [cm]. Następnie potrzebne są czujniki pomiaru temperatury montowane po stronie zewnętrznej jak i wewnętrznej badanej ściany (mocowanie z prawej strony ciepłomierzy – płytek). Kolejno



Rys. 3a, 3b. Stanowisko pomiarowe współczynnika przenikania ciepła. Budynek Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie (fot. autor)

rejestratory pomiarów (kolor zielony ustawione na blacie przy analizowanej przegrodzie) – stacje zbiorcze danych – umożliwiające zapis parametrów mierzonych w zaprogramowanych odstępach czasowych (0,5 [h] lub 1,0 [h] – odbywających się cyklach całodniowych). Po wykalibrowaniu kamery termowizyjnej (rys. 1b) można używać jej w celu porównywania wartości temperatury rejestrowanej poprzez czujniki temperatury (termome-



Rys. 4. Badanie mające na celu wykluczenie wpływu kotew stalowych w ścianie trójwarstwowej na odczyt z płytowego czujnika mierzącego gęstość strumienia ciepła (fot. autor)

try). Można alternatywnie stosować również dodatkowe czujniki temperatur. Cały sprzęt badawczo-pomiarowy uprzednio należy sprawdzić poprzez kalibrację. Do całości należy dodać jeszcze komputer typu PC lub przenośny z zainstalowanym oprogramowaniem (dostępnym u producenta systemem pomiarowym) [6] pozwalającym zgrywać dane ze stacji rejestrującej i przenoszenie wyników pomiarów w środowisko np. arkusza tekstowego przy opracowywaniu wyników badań poprzez docelową kalkulację w programie rozwiązującym równania matematyczne. Poleca się zdefiniowanie obliczeń właśnie w programie numerycznym (pozwalającym budować równania matematyczne i bezpośrednio je analizować) ponieważ zmiany w bazie poleceń w arkuszach kalkulacyjnych są po prostu bardziej żmudne.

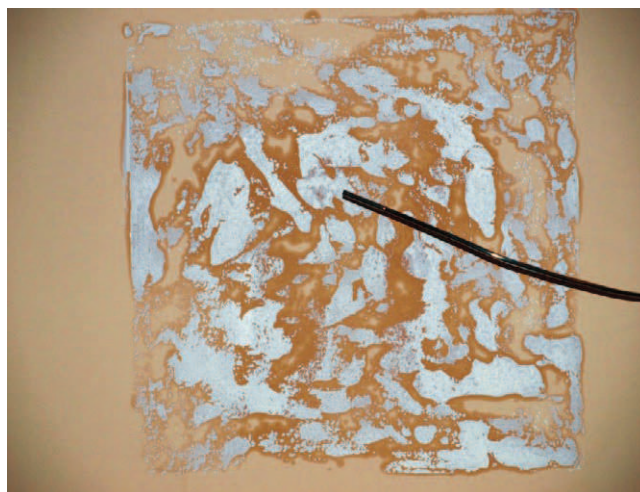
Należy mieć również na uwadze konstrukcję ściany zewnętrznej w analizowanym obiekcie – rys. 4. Specyfika ściany trójwarstwowej (właśnie taki model ściany występował w obiekcie, przy którym zainstalowano stanowisko pomiarowe) zakłada podczas wznoszenia muru mocowanie ściany nośnej ze ścianą osłonową (przebijając termoizolację i tworząc tym samym pomost energetyczny) poprzez stalowe kotwy (obecnie można spotkać już kotwy tzw. ciepłe). W celu uniknięcia błędnej wartości pomiaru należy odpowiednio umiejscowić czujnik płytowy (ciepłomierz – termopara) – wykluczając istnienie wbudowanej kotwy w miejscu mocowania ciepłomierza. W tym celu można zastosować wykrywacz metali. Prowadząc niniej-

sze badania autor użył aparatu służącego do detekcji wkładek stalowych (zbrojenia) będących składowymi pracy sił wewnątrznych w konstrukcjach żelbetowych.

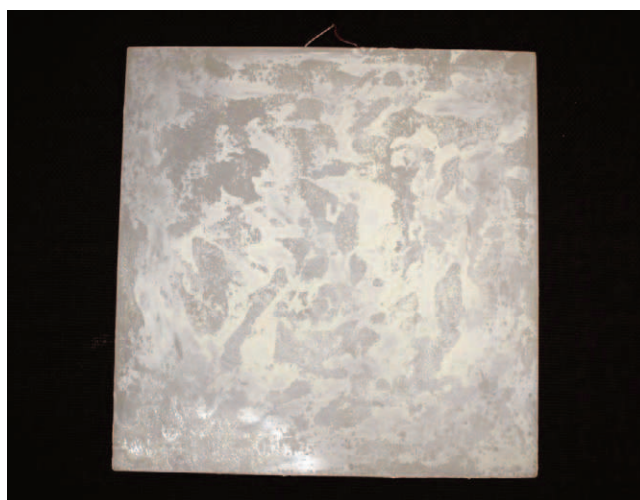
Wyniki badań

Podczas trwającego cały sezon cyklu poznawczo-pomiarowo-badawczego (od października do marca na przełomie roku 2012/2013) napotkano następujące problemy, których autor znalazł rozwiązanie. Pierwszy podstawowy problem to mocowanie płytek do ściany – należy utrzymać stan jak najmniejszej degradacji ściany w interakcji z mocowaniem czujnika płytowego, według zasad umożliwiających prawidłowy odczyt danych.

Producent systemu do pomiaru wartości współczynnika przenikania ciepła w warunkach *in situ* – poprzez pierwotny pomiar gęstości strumienia ciepła czujni-

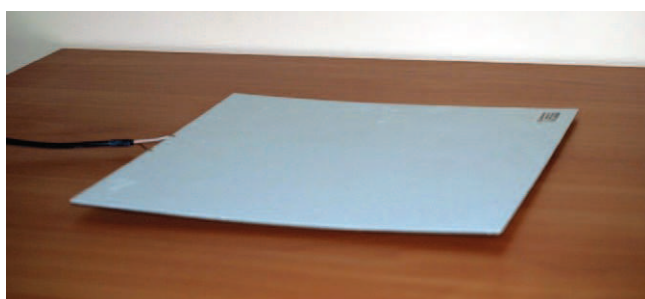


Rys. 5. Pozostałość pasty producenta systemu do pomiaru współczynnika przenikania ciepła w warunkach *in situ*, na badanej powierzchni ściany zewnętrznej (fot. autor)



Rys. 6. Pozostałość pasty producenta systemu do pomiaru współczynnika przenikania ciepła w warunkach *in situ*, na ciepłomierzu (rozpatrywać łącznie z ilustracją powyższą) (fot. autor)

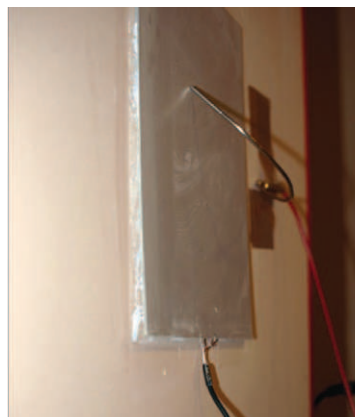
kiem płytowym – zaleca stosowanie pasty kontaktowej do montowania termopary na analizowanej badawczo przegrodzie, jednocześnie stabilizującej przepływ energii (kontakt płaszczyna – płaszczyna z wykluczeniem powietrza w szczelinie i strukturze porowatej materiału budowlanego pod czujnikiem płytowym). Po wykonaniu pomiarów ciepłomierz odinstalowano od ściany. Skutki stosowania pasty systemowej powodują dość znaczne, ciężko usuwalne zanieczyszczenia powierzchni ściany, co zobrazowano na rysunku 5. Jednocześnie płyty czujnika odkształcają się już po pierwszych seriach badań (wbudowana termopara ma kształt koła, a płytka kwadratowy – występują odchylenia naroży z płaszczyny czujnika), co rysunek 7 zamieszczony poniżej.



Rys. 7. Obraz odkształcenia czujnika (odchylenie z płaszczyny ciepłomierza) przy zastosowaniu na styku ściana-płytki pasty producenta. Maksymalne odkształcenie w narożniku 4,0 [mm]. Odkształcenie zmierzone po drugim zdemontowaniu czujników z badanej ściany (fot. autor)

Deformacja taka powoduje brak stabilnie płaszczynowego docisku w miejscu styku czujnika ze ścianą, tworząc tym samym lukę powietrzną mającą negatywny wpływ na pomiary – rys. 8.

Producent dopuszcza również wariant mocowania czujnika za pomocą taśmy samoprzylepnej o odpowiedniej mocy kontaktowej lepiszcza. Rozwiązanie te jest dopuszczane w pomieszczeniach, w których panuje temperatura pokojowa (~20,0 [°C]) oraz wystąpiło wykończenie faktury ściany w sposób gładki – czyli panujące w większości domostw. Mając na uwadze ostatni sposób posta-



Rys. 8. Utrata możliwości pobrania miarodajnych wyników badań. Rozwarcie styku w płaszczynie lica ściany (zastosowanie pasty systemowej) (fot. autor)

nowiono porównać wyniki badań, poprzez wielokrotne (całosezonowe) badania parametru U , wynikające z różnic przy stabilizacji czujnika temperaturowego na ścianie poddanej pomiarom cieplnym. W wyniku tych pomiarów otrzymano empiryczny współczynnik korekcyjny (autorski) $St_s = -0,01$ [W/m²K] (ang. surface to surface – płaszczyna do płaszczyny). Jest to skutek mocowania płytki czujnika „na sucho” – bez stosowania pasty kontaktowej (systemowej) w miejscu styku, przy wykorzystaniu ramowego objęcia czujnika lepiszczem taśmy (patrz rysunki). Wartość współczynnika empirycznego należy odjąć od całościowego wyniku badań otrzymanego przy pomocy metody średniej opisanej w normie zawartej w tytule artykułu, jeśli nie stosuje się pasty stykowej producenta. Oczywiście należy mieć na uwadze, że konstrukcje budynków to nie tylko ściany trójwarstwowe i odpowiedź pomiaru może być inna.

Modelem analizowanej przegrody była ściana o konstrukcji trójwarstwowej. Rysunek 9 prezentuje dane i ich wartości potrzebne do wykorzystania przy obliczeniach opartych na algorytmach metody średniej [2], które przedstawiono i opisano w części I tego artykułu. Aby usprawnić liczenie (niwelacja czaso- i pracochłonności) należy budować równania w programach numerycznych lub arkuszach kalkulacyjnych. Dane ze stacji rejestrujących pomiary są łatwo zgrywane za pośrednictwem specjalistycznego oprogramowania [6], które pozwala na przesłanie danych do odpowiednich środowisk in-

Dane materiałowe, fizyczne i współczynniki bezwładności cieplnej

Materiał budowlany	ρ	λ	d	C	R	C_k	R_{ik}	R_{ek}	F_{ik}	F_{ek}	
	kg/m ³	W/(mK)	m	J/(kgK)	m ² K/W	J/(m ² K)	m ² K/W	m ² K/W	J/(m ² K)	J/(m ² K)	
Pow. wew.	–	–	–	–	0,13	–	0,13	4,16	0	0	
Tynk gipsowy	1000	0,23	0,01	1000	0,043	10000	0,17	4,03	9283	457	
Mur z betonu komórkowego	1850	0,29	0,24	840	0,828	372960	1,00	3,98	276222	128169	
Styropian	1600	0,04	0,12	880	3,000	168960	4,00	3,15	34118	213841	
Mur z cegły klinkierowej	30	1,050	0,12	1460	0,114	5256	4,12	0,15	3	267	
Pow.zew.	–	–	–	–	0,04	–	4,16	0,04	0	0	
$\Sigma R=4,155$									F_p, F_e	319626	342734
$U=0,241$											

Rys. 9. Tabelaryczne zestawienie danych potrzebnych do zastosowania w algorytmie metody średniej

n	$T_{i(n)}$	$T_{e(n)}$	$q_{(n)}$	n	$T_{i(n)}$	$T_{e(n)}$	$q_{(n)}$	n	$T_{i(n)}$	$T_{e(n)}$	$q_{(n)}$	n	$T_{i(n)}$	$T_{e(n)}$	$q_{(n)}$
1	20,7	-7,2	6,2	8	20,7	-6,9	7,1	15	20,6	-5,3	6,4	22	20,6	-5,2	7,1
2	20,7	-7,3	6,3	9	20,6	-6,6	7,3	16	20,6	-5,2	6,7	23	20,6	-5,4	7
3	20,6	-7,3	6,5	10	20,6	-6,4	7,6	17	20,5	-5,1	6,9	24	20,6	-5,2	6,8
4	20,6	-7,6	6,8	11	20,6	-5,9	6,9	18	20,6	-5,1	6,7	25	20,6	-4,9	6,7
5	20,6	-7,7	6,7	12	20,6	-5,9	6,8	19	20,6	-5,5	7,2	26	20,6	-4,6	7,4
6	20,6	-7,6	7,1	13	20,5	-5,8	7,8	20	20,6	-5,7	6,7	27	20,6	-4	7,1
7	20,5	-7,3	7,1	14	20,6	-5,6	7,4	21	20,6	-5,5	6,8	28	20,7	-3,9	6,5

n	$T_{i(n)}$	$T_{e(n)}$	$q_{(n)}$	n	$T_{i(n)}$	$T_{e(n)}$	$q_{(n)}$	n	$T_{i(n)}$	$T_{e(n)}$	$q_{(n)}$	n	$T_{i(n)}$	$T_{e(n)}$	$q_{(n)}$
29	20,6	-3,6	7,1	57	20,9	-0,8	7,6	85	20,4	-0,4	5,8	113	20,3	0,6	5,8
30	20,5	-3,4	7,3	58	20,7	-0,9	7	86	20,4	-0,2	6	114	20,3	0,6	6
31	20,6	-3,3	7,1	59	20,7	-0,9	7	87	20,4	0	6,1	115	20,3	0,5	5,4
32	20,5	-3,2	6,7	60	20,6	-1	6,7	88	20,3	0,1	6,2	116	20,3	0,5	5,7
33	20,5	-3,1	6,9	61	20,6	-1,1	7,6	89	20,4	0,3	7,1	117	20,3	0,4	5,8
34	20,5	-3	6,8	62	20,6	-1,1	6,8	90	20,4	0,3	6,7	118	20,3	0,3	5,4
35	20,6	-2,9	6,8	63	20,6	-1,2	6,7	91	20,4	0,6	5,7	119	20,3	0,2	5,3
36	20,7	-2,8	5,9	64	20,6	-1,2	6,9	92	20,4	0,6	7,1	120	20,4	-0,1	5
37	20,8	-2,7	8	65	20,6	-1,2	6,8	93	20,4	0,9	6,2	121	20,3	-0,2	5,3
38	20,7	-2,6	7,3	66	20,6	-1,3	6,6	94	20,3	1	6,3	122	20,3	-0,3	5,2
39	20,6	-2,3	6,9	67	20,5	-1,3	6,5	95	20,3	0,9	5,4	123	20,3	-0,4	5,7
40	20,6	-2,1	7,4	68	20,5	-1,4	6,4	96	20,3	0,6	5,3	124	20,4	-0,7	5,2
41	20,5	-2	7,1	69	20,6	-1,4	6,3	97	20,3	0,9	6,4	125	20,3	-0,7	5,3
42	20,6	-1,9	7,6	70	20,5	-1,3	6,3	98	20,2	0,6	4,8	126	20,3	-0,8	5,1
43	20,5	-1,8	7,1	71	20,5	-1,4	6,3	99	20,3	0,6	6	127	20,3	-1,1	4,8
44	20,6	-1,5	7,3	72	20,5	-1,3	6,4	100	20,3	0,6	6,3	128	20,3	-1,4	4,6
45	20,5	-1,3	7,5	73	20,6	-1,2	6,1	101	20,3	0,6	6,5	129	20,3	-1,5	4,4
46	20,5	-1,5	7,3	74	20,6	-1,2	6,5	102	20,3	0,6	5,5	130	20,3	-1,7	4,7
47	20,5	-1,4	7	75	20,6	-1,1	6,1	103	20,2	0,7	5,5	131	20,3	-1,7	4,4
48	20,5	-1,3	7	76	20,6	-1	6,4	104	20,3	0,7	5,4	132	20,3	-1,8	4,2
49	20,5	-1,2	6,9	77	20,5	-1	6	105	20,3	0,7	6,4	133	20,3	-2,2	5,7
50	20,4	-1,1	5,9	78	20,4	-0,9	5,8	106	20,3	0,7	5,6	134	20,3	-2,7	4,2
51	20,4	-1,1	7,3	79	20,5	-0,7	6,4	107	20,3	0,7	4,8	135	20,3	-2,4	5,4
52	20,4	-0,9	6,1	80	20,4	-0,7	6,4	108	20,4	0,7	6,5	136	20,3	-2,6	4,1
53	20,5	-0,6	6,9	81	20,4	-0,6	6,6	109	20,3	0,8	6,5	137	20,3	-2,6	5,1
54	20,6	-0,5	6,6	82	20,4	-0,6	5,8	110	20,3	0,7	6,2	138	20,3	-2,4	3,9
55	21	-0,5	7,5	83	20,4	-0,5	6,6	111	20,3	0,6	6,1	139	20,3	-2,1	5
56	20,8	-0,5	6,9	84	20,4	-0,4	6,2	112	20,3	0,7	5,8	140	20,3	-2,4	5,4

n	$T_{i(n)}$	$T_{e(n)}$	$q_{(n)}$	n	$T_{i(n)}$	$T_{e(n)}$	$q_{(n)}$	n	$T_{i(n)}$	$T_{e(n)}$	$q_{(n)}$	n	$T_{i(n)}$	$T_{e(n)}$	$q_{(n)}$
141	20,7	-7,2	6,2	148	20,7	-6,9	7,1	155	20,7	-6,9	7,1	162	20,6	-5,3	6,4
142	20,7	-7,3	6,3	149	20,6	-6,6	7,3	156	20,6	-6,6	7,3	163	20,6	-5,2	6,7
143	20,6	-7,3	6,5	150	20,6	-6,4	7,6	157	20,6	-6,4	7,6	164	20,5	-5,1	6,9
144	20,6	-7,6	6,8	151	20,6	-5,9	6,9	158	20,6	-5,9	6,9	165	20,6	-5,1	6,7
145	20,6	-7,7	6,7	152	20,6	-5,9	6,8	159	20,6	-5,9	6,8	166	20,6	-5,5	7,2
146	20,6	-7,6	7,1	153	20,5	-5,8	7,8	160	20,5	-5,8	7,8	167	20,6	-5,7	6,7
147	20,5	-7,3	7,1	154	20,6	-5,6	7,4	161	20,6	-5,6	7,4	168	20,6	-5,5	6,8

Rys. 10. Tabelaryczny przykład danych zarejestrowanych w cyklu siedmiodobowych pomiarów. Rejestracji podlega temperatura panująca po stronie zewnętrznej i wewnętrznej oraz wartość gęstości strumienia ciepła. Zestaw pomiarów gotowych do aplikacji w środowisko programu numerycznego lub arkusza kalkulacyjnego (łącznie z rysunkiem 9 – tabela) – podstawienia do równań metody średniej [2]

formatycznych w celu weryfikacji obliczeniowej pomiarów i prezentacji w postaci wyników badań.

4. Dane materiałowe, fizyczne i współczynniki bezwładności cieplnej

Wartość współczynnika U (dla pomiarów *in situ* – warunki nieustalone) wyznaczona za pomocą [2] najbardziej zbliżoną do wartości zawartej na rysunku 9 (normowe warunki ustalone) otrzymano w dniach 14.12.2012 r. – 18.12.2012 r. (start i stop pomiarów: godz. 14.00). Pomiar zarejestrowane przez stację zgrywającą potrzebne do późniejszej obróbki równaniami zawartymi w [2] i części I publikacji.

Mając na uwadze zalecenia normy [2] badania wykonano w cyklu całodobowym rejestrując dane co 1,0 [h]. $24 \times 7 = 168$ pomiarów. Następnie dane analizowano w programie numerycznym (do rozwiązywania układów równań – patrz część I publikacji) w celu otrzymania wyniku końcowego. Jeśli jako mocowanie czujnika płytowego nie stosowano pasty producenta, lecz wersję drugą opisaną powyżej, wprowadzano współczynnik empiryczny (autora) wynikający z porównania danych otrzymanych ze zróżnicowanych stabilizacji płytek.

5. Podsumowanie

Należy tu bezpośrednio nadmienić, że warunki ustalone występujące w badaniach typu *in situ* (polowych) w rzeczywistości nie istnieją – ciągłe zmiany temperatury po zewnętrznej stronie przegrody, efekty wpływów solarnych, promieniowanie nieboskłonu, turbulentny wpływ wiatru na przejmowanie energii. Autor świadom problemu, oszczędności energii wynikają-

cej z logicznych założeń prawnych wykonał całosezonowe badania współczynnika przenikania ciepła. W podsumowaniu należy jeszcze poinformować czytelnika, że efekty wpływów solarnych można niwelować osłaniając część ściany od zewnątrz (w zasięgu termopary wbudowanej od wewnątrz) ekranem tłumiącym promieniowanie słoneczne (zasłona, kurtyna). Można również wymusić wartość temperatury wewnętrznej (wynikającej z potrzeby różnicy temperatury w warunkach ustalonych), poprzez dogrzewanie zabudowanej części ściany, na której od wewnątrz umieszczony jest ciepłomierz (buforowa komora stabilizacji). Mając na myśli ostatnie, autor ma na względzie ocieplenie klimatu – zwiększenie wartości średnich temperatury zimą, efekt cieplarniany. Jest to również odpowiedź Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego na rosnący problem zanieczyszczenia atmosfery i przyrody naszego kraju, w wyniku emisji gazów cieplarnianych do atmosfery (przy produkcji energii ogrzewczej budynków – straty zdrowotne i ekonomiczne). Badania połowe współczynnika przenikania ciepła umożliwiają diagnostykę w warunkach rzeczywistych.

BIBLIOGRAFIA

- [1] 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. Poz. 926. Warszawa, 13 sierpnia 2013 r.
- [2] ISO 9869 Thermal insulation – Building elements – In situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance. 1994(E)
- [3] Kubik J., Podstawy fizyki budowli. Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej, Opole 2008
- [4] Więcek B., De May G., Termowizja w podczerwieni. Podstawy i zastosowania. PAK, Warszawa 2011
- [5] Nowak H., Zastosowanie badań termowizyjnych w praktyce. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2012
- [6] Product Catalog – Measuring instruments and sensors – Ahlborn – issue 2011/2012

PRZEGLĄD POLECA

Tytuł: Współczesna architektura proekologiczna Autorzy: Janusz Marchwiński, Katarzyna Zielonko-Jung Wydawnictwo Naukowe PWN 2012

Publikacja poświęcona jest rozwiązaniom proekologicznym stosowanym we współczesnej architekturze. W sposób usystematyzowany i przystępny przedstawia problematykę związaną z oddziaływaniem proekologicznych rozwiązań (zarówno tradycyjnych, jak i zaawansowanych) na architekturę rozumianą jako system powiązań elementów urbanistycznych, funkcji, procesów użytkowania i konstrukcji. Omówione zostały również, pomijane w innych opracowaniach, zagadnienia estetyczne, ściśle związane z całością problemu i szczególnie ważne dla wartości budynku jako dzieła architektonicznego. Autorzy poddali analizie nowoczesne rozwiązania proekologiczne stosowane lub badane w krajach najbardziej roz-

winiętych (np. w Japonii, Niemczech, USA), jako przykłady wyznaczające nowe możliwości kształtowania współczesnej architektury. Ponadto omówili rolę architektury w kontek-

ście idei zrównoważonego rozwoju. Książka przeznaczona jest dla studentów architektury budownictwa, a także inżynierii środowiska, architektów, inżynierów budownictwa, instytucji oraz kręgów naukowych zajmujących się zrównoważonym rozwojem w budownictwie oraz wykorzystaniem energii odnawialnych.

