

Cezary KOLASA, Halina CIUMAN, Aleksandra SPECJAŁ
*Politechnika Śląska, Katedra Ogrzewnictwa, Wentylacji i Techniki
Odpylania*
ul. Konarskiego 20, 44-100 Gliwice
kowito@kowito.ise.polsl.gliwice.pl

BADANIA PODZIELNIKÓW KOSZTÓW OGRZEWANIA POD KĄTEM DOSKONALENIA PODZIAŁU KOSZTÓW

***Streszczenie.** Doskonalenie metody podziału kosztów ogrzewania poprzez badania charakterystyk układów grzejnik – podzielnik ma istotne znaczenie dla ograniczenia zużycia energii na cele ogrzewania i wentylacji w budownictwie wielorodzinnym w Polsce. Krajowe uwarunkowania, wynikające z fragmentarycznej termomodernizacji, tworzą specyficzne warunki funkcjonowania podzielników kosztów i błędy podziału kosztów ogrzewania. Nieuwzględnienie tych problemów spowodować może – poprzez społeczną dezaprobatę – odrzucenie metody podziału kosztów na podstawie wskazań nagrzejnikowych podzielników, dla której brak jest obecnie alternatywy o porównywalnych nakładach inwestycyjnych. Badania podzielników w warunkach statycznych, jak i dynamicznych wymagają specjalistycznego laboratorium badawczego i oryginalnych metod badań.*

INVESTIGATIONS OF HEAT COSTS ALLOCATORS IN ASPECT OF IMPROVEMENT DIVISION OF HEATING COSTS

***Summary.** The improvement of heat cost allocation method by investigations of the system: "radiator – allocator" has a great influence on the use of energy in multifamily building in Poland. Because of partial thermomodernization there are specific conditions of allocators' functioning in heating systems in buildings which generate errors in heat cost allocation system. The negligence of this fact can effects the rejection of such systems by users of flats and now there is a lack of alternative systems. The investigations of heat cost allocators in steady and unsteady states require the specialist laboratory and original research methods.*

1. Wprowadzenie

Wielorodzinne budownictwo mieszkaniowe zajmuje w Polsce pierwszoplanową pozycję wśród konsumentów energii pierwotnej zużywanej dla potrzeb ogrzewania, wentylacji i przygotowania ciepłej wody użytkowej. Ograniczenie popytu na energię w tym sektorze gospodarki osiąga się poprzez termomodernizację budynków i instalacji oraz wytworzenie nawyku oszczędzania energii w gronie użytkowników lokali mieszkalnych.

Istnieje zatem konieczność ścisłego powiązania wysokości opłat z ilością zużytej energii. Precyzyjne określenie ilości energii zużytej do ogrzania i wentylacji lokalu mieszkalnego w istniejącej strukturze instalacji grzewczych jest technicznie kłopotliwe i kosztowne. Wynika to z faktu, iż większość lokali mieszkalnych jest zasilana w energię wielopunktowo poprzez pionowe instalacje centralnego ogrzewania, co uniemożliwia stosowanie ciepłomierza u pojedynczego odbiorcy. Upowszechniła się więc metoda uproszczona, polegająca na określeniu strumienia ciepła oddawanego przez grzejnik do pomieszczenia przy wykorzystaniu podzielników kosztów centralnego ogrzewania – cieczowych lub elektronicznych, mocowanych na powierzchni grzejnika w określonym miejscu. Informacja wyjściowa podzielnika kosztów jest w najprostszym przypadku całąką po czasie z przetworzonej przez charakterystykę przyrządu wartości temperatury powierzchni grzejnika w miejscu zamocowania podzielnika. W metodzie tej zakłada się, że pole temperatury powierzchni grzejnika od strony pomieszczenia jest jednowymiarowe, o ustabilizowanym w czasie i zbliżonym do liniowego profilu temperatury wzdłuż współrzędnej pionowej. Założenie to w wielu przypadkach nie jest spełnione – szczególnie w sytuacji, gdy grzejnik jest co do wielkości przewymiarowany lub zasilany wodą o zbyt wysokiej temperaturze. Również intermitentna praca grzejnika, spowodowana działaniem zaworu termostaticznego, tworzy odmienne od zakładanych w normach warunki funkcjonowania podzielnika. Powstałe z tego powodu błędy zniekształcają podział kosztów i tworzą podłoże dla społecznej negacji systemu, szczególnie groźnej dla oszczędzania energii wobec braku alternatywnych metod o porównywalnych kosztach. W pracy opisano oryginalne laboratorium badawcze do badań podzielników kosztów i grzejników zarówno w statycznych, jak i dynamicznych warunkach oraz przedstawiono wypracowaną metodę eliminacji błędów.

2. Badania podzielników kosztów ogrzewania w warunkach ustalonych

2.1. Warunki wykonywania badań eksperymentalnych i komory badawcze

W algorytmach obliczeniowych stosowanych przy podziale kosztów ogrzewania z wykorzystaniem podzielników kosztów istnieje potrzeba uwzględnienia wielu parametrów, w tym określanego doświadczalnie współczynnika sprzężenia termicznego C_T . Warunki, w których należy wykonywać badania tego parametru, nie są dokładnie sprecyzowane w normach PN EN-834:1999 [1] i PN EN-835:1999 [2], w których wymaga się jedynie, aby badania prowadzone były w klimatycznie stabilnej komorze badawczej w warunkach ustalonych dla tzw. stanu podstawowego.

Praktyka wykonywania takich badań jest więc różna - zazwyczaj wykorzystuje się komory badawcze służące do badań charakterystyki cieplnej grzejników, typu otwartego lub zamkniętego, które różnią się pod wieloma względami zarówno w zakresie właściwości, jak i kosztu wykonania.

W Katedrze Ogrzewnictwa, Wentylacji i Techniki Odpylania dla celów badań wartości współczynnika C_T wykonano dwa stanowiska pomiarowe:

- komorę badawczą typu otwartego – stanowisko A,
- komorę badawczą typu zamkniętego – stanowisko B.

Stanowisko A

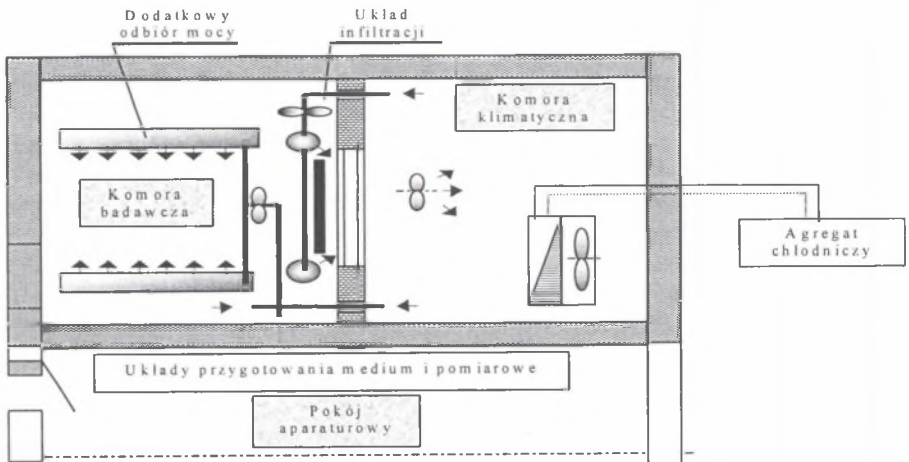
Stanowisko to jest mobilne, wymaga jedynie zasilania w energię elektryczną i wodę wodociągową. Składa się z badanego grzejnika, układu przygotowania medium grzejnego (kocioł elektryczny wyposażony w regulację) i układów pomiarowych. Stanowisko znajduje się w dużym pomieszczeniu - hali technologicznej wyposażonej w instalację centralnego ogrzewania. Udział mocy badanego grzejnika w mocy instalacji centralnego ogrzewania hali jest pomijalnie mały. Koncepcja stanowiska zakłada nieskończenie dużą pojemność cieplną otoczenia, co oznacza, że:

- strumień energii oddawanej przez badany grzejnik nie wpływa na warunki termiczne w otoczeniu (warunki termicznie stabilne),
- czas osiągania stanu ustalonego jest stosunkowo krótki, gdyż jest determinowany wyłącznie przez właściwości dynamiczne grzejnika, w którym skupiona jest główna pojemność cieplna.

Odnosząc stanowisko do warunków w obiektach rzeczywistych, odzwierciedla ono sytuację, gdy grzejnik centralnego ogrzewania jest usytuowany pod ścianą wewnętrzną.

Stanowisko B

Laboratorium badawcze do badania grzejników i podzielników obejmuje trzy pomieszczenia: właściwą komorę badawczą, w której umieszcza się badany grzejnik i podzielnik, komorę klimatyczną i pomieszczenie aparaturowe (rys.1).



Rys.1. Schemat organizacyjny laboratorium

Fig. 1. Scheme of laboratory

Właściwa komora badawcza symuluje typowe, występujące w budownictwie mieszkaniowym pomieszczenie z jedną ścianą zewnętrzną, z typowym oknem drewnianym zespolonym, stosowanym powszechnie w budownictwie. Opór cieplny ściany może być zmieniany w ograniczonym zakresie odzwierciedlającym właściwości przegród w budownictwie starym i współczesnym. Pozostałe przegrody pomieszczenia są przegrodami wewnętrznymi i w tym celu zostały bardzo dokładnie zaizolowane cieplnie. Przybliżenie rzeczywistych warunków pracy układu grzejnik-podzielnik w typowym pomieszczeniu ogrzewanym uzyskano poprzez zastosowanie układu do symulacji infiltracji powietrza przez nieszczelności w oknie w ilości możliwej do regulacji, co może odpowiadać oknom o różnej szczelności. Ponadto w komorze badawczej wykonano dodatkowy układ chłodzący, co umożliwiła prowadzenie badań dla grzejników w zakresie wydajności od ok. 700 do 2500 W. Po stronie zewnętrznej ściany zewnętrznej wykonano komorę klimatyczną wyposażoną w układ chłodzenia, zapewniający uzyskanie temperatury powietrza zewnętrznego $t_e = -20 \div 10$ °C.

Stanowisko laboratoryjne zostało wyposażone w unikalną aparaturę pomiarową i badawczą, umożliwiającą prowadzenie badań podzielników w zadanych i kontrolowanych warunkach w stanach ustalonych, w różnych warunkach zewnętrznych.

Stanowisko B, w odróżnieniu od komór badawczych otwartych i zamkniętych, umożliwia wykonanie badań w warunkach funkcjonowania podzielnika jak w typowym pomieszczeniu budownictwa mieszkalnego, co jest rozwiązaniem nowatorskim w dziedzinie badań grzejników i podzielników.

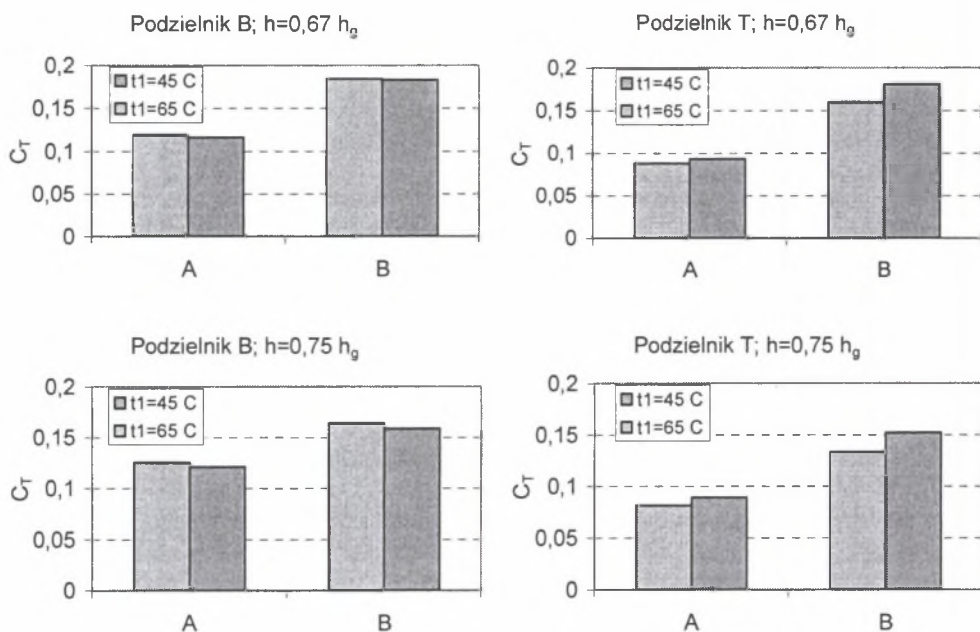
2.2. Badania współczynnika sprzężenia termicznego

Wykorzystanie wskazań podzielnika kosztów ogrzewania jako miary strumienia ciepła oddawanego przez grzejnik wymaga ustalenia charakterystyki cieplnego sprzężenia układu grzejnik-podzielnik, której liczbową miarą jest współczynnik sprzężenia termicznego C_T [1,2].

Poniżej przedstawiono wyniki wybranych badań eksperymentalnych podzielników kosztów ogrzewania, przeprowadzonych w warunkach ustalonych. Dla wybranych typów grzejników i podzielników kosztów przeprowadzono badania porównawcze współczynnika sprzężenia termicznego C_T na obu przedstawionych wyżej stanowiskach laboratoryjnych (A i B). Uzyskane wyniki badań (rys. 2) przeprowadzonych dla tych samych par grzejnik-podzielnik, w tych samych założonych warunkach cieplno-przepływowych na obu stanowiskach badawczych wskazują na pewną utrzymującą się we wszystkich badaniach tendencję, co do wartości współczynnika sprzężenia termicznego C_T . Polega ona na tym, że we wszystkich seriach pomiarowych i kombinacjach badanych wariantów parametrów uzyskano w zamkniętej komorze badawczej (stanowisko B) wyższe wartości współczynnika C_T niż w otwartej komorze badawczej (stanowisko A), co wskazuje na istotny wpływ działania infiltracji oraz usytuowania grzejnika przy ścianie zewnętrznej (wpływ temperatury przegrody za grzejnikiem na obniżenie temperatury płynu pomiarowego t_f).

Przeprowadzone dotychczas eksperymenty laboratoryjne w warunkach ustalonych obejmowały m.in.: badania współczynnika sprzężenia termicznego w warunkach zgodnych z normami [1,2] oraz w typowych warunkach cieplno-przepływowych pracy grzejnika w budynku mieszkalnym wielorodzinnym [3,7]. Dzięki przeprowadzonym badaniom eksperymentalnym rozpoznano mechanizm i fizykę zjawisk zachodzących w wyparnym

podzielnika kosztów oraz określono korelacje wiążące miernicze wskazania podzielnika z ilością energii przekazywanej z grzejnika do pomieszczenia w warunkach eksploatacyjnych zgodnych i różnych od zdefiniowanych w normach [1,2]. W szczególności zbadano wpływ zmian strumienia masy wody grzewczej na wartość współczynnika sprzężenia termicznego pary grzejnik-podzielnik oraz oceniono wpływ tego zjawiska na sezonowe miernicze wskazanie podzielnika. Wypracowano metodę oceny dokładności wskazań mierniczych podzielnika i zastosowano ją do oceny wskazań sezonowych, wykorzystując opracowany w tym celu testowy sezon grzewczy, będący odzwierciedleniem istotnych, z punktu widzenia analizowanego procesu, danych klimatycznych.



Rys. 2. Porównanie wartości współczynnika sprzężenia termicznego C_T otrzymanych z badań grzejnika T-1 i podzielników cieczowych B i T zamontowanych na dwóch wysokościach grzejnika: $h = 0.75 h_g$ oraz $h = 0.67 h_g$:

- w otwartej komorze badawczej (stanowisko A),
- w zamkniętej komorze badawczej (stanowisko B)

Fig. 2. Comparison of C_T value for the radiator (type T-1) and two heat cost allocators (B and T) investigated in laboratory:

- in open test chamber (A),
- in closed test chamber (B)

Przeprowadzone badania eksperymentalne, a następnie badania symulacyjne potwierdzają, że istnieje możliwość poprawy korelacji pomiędzy wskazaniem podzielnika kosztów a ilością energii przekazanej przez grzejnik do pomieszczenia w sezonie grzewczym, co może być wykorzystane przy doskonaleniu systemu podziału kosztów ogrzewania z wykorzystaniem podzielników kosztów. Utylitarnym efektem

dotychczasowych badań jest opracowanie metody korygowania wskazań podzielnika kosztów w zależności od statystyki parametrów klimatycznych oraz wybranych, istotnych parametrów kształtujących stany eksploatacyjne [3,7].

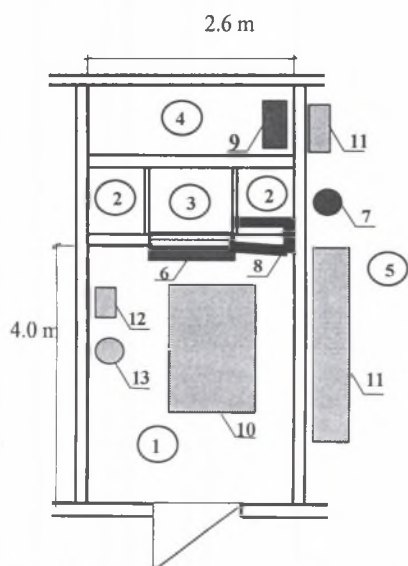
3. Laboratorium do badań grzejników i podzielników kosztów ogrzewania w warunkach niustalanej wymiany ciepła w typowym sezonie grzewczym

Poprawa korelacji kosztu ogrzewania z ilością energii zużytej wymaga przeprowadzenia badań również w warunkach dynamicznych, które występują w rzeczywistych instalacjach centralnego ogrzewania. Pod tym kątem przystosowano istniejące laboratorium – stanowisko B. Powstało przetestowane, specjalistyczne, unikalne w skali kraju laboratorium badawcze, odwzorowujące proces ogrzewania przeciętnego pomieszczenia w budownictwie mieszkaniowym wielorodzinnym w sezonie grzewczym i umożliwiające zbadanie charakterystyki układu grzejnik–podzielnik w zmiennych warunkach pracy instalacji [5].

W laboratorium odwzorowano rzeczywiste warunki termiczne występujące w typowym pomieszczeniu mieszkalnym, z uwzględnieniem czynników klimatu zewnętrznego, co udowodniono poprzez przeprowadzone testujące badania eksperymentalne.

3.1. Założenia funkcjonalne laboratorium

Laboratorium badawcze (rys. 3) obejmuje: właściwe pomieszczenie badawcze (1) oraz pomieszczenia dodatkowe: komorę chłodniczą (4) i dwie strefy symulacji klimatu zewnętrznego (2,3).



Rys. 3. Schemat funkcjonalny laboratorium
Fig. 3. Functional scheme of laboratory

Właściwe pomieszczenie badawcze (1) jest repliką typowego pomieszczenia w budownictwie wielorodzinnym, wykonaną w skali geometrycznej 1:1, z jedną ścianą zewnętrzną z typowym oknem drewnianym zespolonym, stosowanym w budownictwie. Pozostałe przegrody pomieszczenia są przegrodami wewnętrznymi i charakteryzują się pełną symetrią strumieni ciepła po obu stronach. Przegrody mają pojemność cieplną porównywalną z występującymi w rzeczywistości przegrodami, poprzez zastosowanie okładziny z płyt gipsowo-kartonowych. Pomieszczenie umeblowano w celu odzwierciedlenia pojemności cieplnej wyposażenia wnętrza.

Instalację centralnego ogrzewania stanowi grzejnik (6) wyposażony w zawór termostatyczny, usytuowany w komorze

badawczej, zasilany wodą przygotowywaną w kotle elektrycznym (7). Poprzez zastosowanie w układzie grzewczym czterech zaworów regulacyjnych możliwe jest odwzorowanie w laboratorium warunków hydraulicznych takich, jakie występują w rzeczywistych instalacjach centralnego ogrzewania w budynkach wielorodzinnych.

W przestrzeni przylegającej do ściany zewnętrznej wyodrębniono dwie strefy symulacji klimatu zewnętrznego: strefę przylegającą do nieprzezroczystej części przegrody zewnętrznej (strefę ściany) (2) i strefę przylegającą do okna (strefę okna) (3).

3.2. Odwzorowanie czynników klimatu zewnętrznego, zjawiska infiltracji powietrza i zysków wewnętrznych

W strefach symulacji klimatu zewnętrznego odwzorowane są temperatura powietrza i natężenie promieniowania słonecznego zgodnie z przyjmowanymi danymi klimatycznymi. Odwzorowanie natężenia promieniowania słonecznego zrealizowano oddzielnie dla każdej strefy symulacji klimatu zewnętrznego, o odrębnie regulowanej temperaturze powietrza. W *strefie ściany* (2) utrzymywana jest temperatura powietrza równa tzw. temperaturze słonecznej (przy zredukowaniu wymiany ciepła przez promieniowanie w tej przestrzeni). W *strefie okna* (3) utrzymywana jest temperatura powietrza zgodna z danymi klimatycznymi, a natężenie promieniowania słonecznego odwzorowane jest przez powierzchnię grzejną (10) w pomieszczeniu badawczym (symulującą nagrzaną w wyniku promieniowania słonecznego, podłogę). Temperatura słoneczna i strumień ciepła oddawany przez płytę grzejną określane są w oparciu o obliczenia symulacyjne, przy zastosowaniu programu symulacyjnego TRNSYS [6]. W przestrzeniach symulacji klimatu zewnętrznego wytworzono pole prędkości powietrza o wartości średniej 4 m/s, co odpowiada przeciętnym warunkom występującym w sezonie grzewczym. Infiltracja symulowana jest przez nawiew powietrza ze strefy okna do wnęki okiennej wzdłuż szczelin okna (8).

Ze względów praktycznych, dla umożliwienia przeprowadzenia wielowariantowych badań zastosowano skrócony reprezentatywny klimat zewnętrzny (14-dniowy skrócony sezon grzewczy). Zweryfikowano, że skrócony sezon grzewczy dobrze reprezentuje pełny sezon grzewczy, posiada bowiem podobne charakterystyki statystyczne i własności dynamiczne przebiegu temperatury powietrza zewnętrznego [5]. W strefach symulacji klimatu zadawane temperatury powietrza uzyskiwane są w wyniku mieszania strumieni masy zimnego i ciepłego powietrza. Warunki kontrolowane są przez zastosowane układy sterowania i regulacji (11) usytuowane w pomieszczeniu aparaturowym (5). W celu uzyskania oczekiwanego przebiegu temperatury powietrza, zgodnego z danymi klimatycznymi, w układzie regulacji zadawano zastępczy przebieg czasowy temperatury, przy uwzględnieniu zweryfikowanych doświadczalnie właściwości dynamicznych oraz wyznaczonej transmitancji układu regulacji temperatury i układu przygotowania powietrza. Do symulacji wewnętrznych zysków ciepła zastosowano rzeczywiste urządzenia elektryczne: komputer i lampę (12) oraz niskotemperaturowe źródło ciepła - „symulator człowieka” (13).

3.3. Wyniki badań testujących

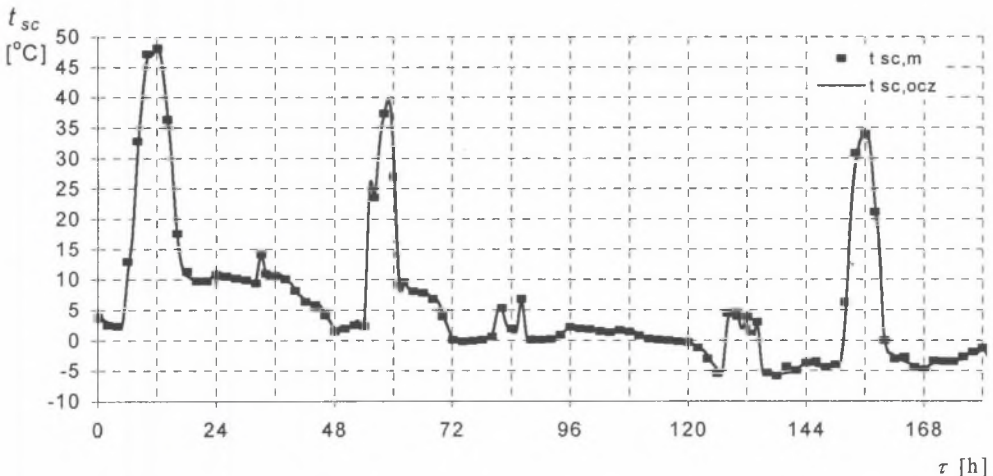
W celu identyfikacji właściwości laboratorium przeprowadzono badania testowe, obejmujące między innymi:

- identyfikację charakterystyki energetycznej pomieszczenia w stanie ustalonym,
- wyznaczenie właściwości dynamicznych przegrody zewnętrznej,
- wyznaczenie charakterystyk układu sterowania temperaturą powietrza w strefach klimatu zewnętrznego,
- ocenę dokładności odwzorowania założonego przebiegu temperatury powietrza zewnętrznego,
- badanie dokładności odwzorowania zysków ciepła od nasłonecznienia w pomieszczeniu,
- weryfikację warunków termicznych w pomieszczeniu w czasie badań i działania zaworu termostatycznego.

Dobra identyfikacja własności cieplnych przegrody zewnętrznej potwierdzona została zadowalającą zgodnością uzyskanych wyników: pomiarów strat ciepła w stanie ustalonym, obliczeń zgodnie z normą PN-B-03406:1994 [8] oraz obliczeń symulacyjnych za pomocą programu TRNSYS [6]. Różnice zawarte są w granicach niepewności pomiarowej.

Do ustalenia parametrów układów regulacyjnych niezbędna była identyfikacja właściwości dynamicznych przegrody zewnętrznej (modelowanej jako szeregowe połączenie elementu inercyjnego pierwszego rzędu i elementu opóźniającego). Uzyskane trzema różnymi metodami (eksperymentalną, obliczeniową i symulacyjną) wartości stałej czasowej i czasu opóźnienia były zbliżone, co świadczy o dobrej identyfikacji własności dynamicznych przegrody zewnętrznej.

W celu uzyskania oczekiwanego przebiegu temperatury powietrza zewnętrznego, zgodnego z danymi klimatycznymi, w układzie regulacji zadawano zastępczy przebieg czasowy temperatury, przy uwzględnieniu zweryfikowanych doświadczalnie właściwości dynamicznych oraz wyznaczonej transmitancji układu regulacji temperatury i układu przygotowania powietrza.

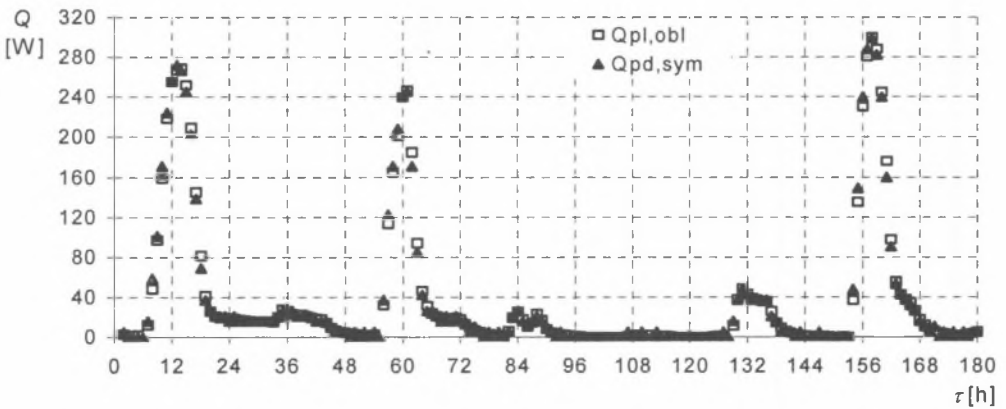


Rys. 4. Porównanie przebiegu temperatury powietrza w strefie klimatu zewnętrznego (strefie ściany): zmierzonej $t_{sc,m}$ i oczekiwanej $t_{sc,ocz}$

Fig. 4. The comparison of two air temperature runs in the space of the wall: measured $t_{sc,m}$ and expected $t_{sc,ocz}$

Dokładność odwzorowania przebiegu temperatury w strefach symulacji klimatu zewnętrznego w ciągu 180 godzin pomiarów wynosiła od 1% do 2.5%. Oceny dokonano przy zastosowaniu kryterium całkowego, gdzie jako temperaturę odniesienia do obliczenia różnicy temperatury oczekiwanej i zmierzonej w każdym kroku czasowym przyjęto tzw. temperaturę granicy ogrzewania równą 10°C . Przykładowy przebieg temperatury powietrza oczekiwanej i zmierzonej w strefie ściany przedstawiono na rysunku 4.

Dokładność odwzorowania zysków ciepła od nasłonecznienia oceniono poprzez porównanie średnich godzinowych wartości dwóch strumieni ciepła: strumienia, jaki w wyniku promieniowania słonecznego powinien być oddawany w pomieszczeniu przez podłogę $Q_{pd,sym}$ (wartość strumienia uzyskano w wyniku symulacji komputerowych) oraz przekazanego do pomieszczenia przez płytę grzejną $Q_{pl,obl}$ (obliczonego na podstawie mocy dostarczonej), (rys.5). Maksymalna godzinowa różnica wynosi ok. 16 W i wynika z dwupołożeniowego sposobu sterowania mocą grzewczą płyty.



Rys. 5. Porównanie średnich godzinowych wartości strumienia ciepła, jaki w wyniku promieniowania słonecznego powinien być oddawany w pomieszczeniu przez podłogę Q_{pd} , oraz strumienia ciepła przekazanego do pomieszczenia przez płytę grzejną $Q_{pl,obl}$

Fig. 5. The comparison of heat flux given up by the heating plate Q_{pd} and heat flux which should be given up by the floor in real room $Q_{pl,obl}$, hourly average values

W wyniku badań testujących stwierdzono, że komora badawcza charakteryzuje się takim jak w rzeczywistości rozkładem temperatury powierzchniowej przegród. Zaobserwowano oscylacje temperatury powietrza w pomieszczeniu wokół wartości 21°C , regulowanej przez zawór termostatyczny. Działanie zaworu jest dwupołożeniowe i wpływa na zjawisko okresowego nagrzewania i stygnięcia grzejnika o okresie ok. 70 minut.

Wykonane laboratorium o znanych i zbadanych właściwościach umożliwia prowadzenie badań:

- grzejników i podzielników kosztów ogrzewania w symulowanym sezonie grzewczym dla pomieszczenia z jedną ścianą zewnętrzną, dowolnie zorientowaną względem stron świata,

- wpływu parametrów instalacji centralnego ogrzewania na zmianę przepływu wody grzewczej i wskazania podzielnika,
 - wpływu zysków wewnętrznych na zużycie energii i wskazania podzielnika kosztów.
- Badania w laboratorium umożliwią również weryfikację tworzonych modeli dynamicznych elementów układów grzewczych.

4. Wnioski końcowe

1. Uzyskane wyniki badań pozwalają na identyfikację i wyeliminowanie błędów metody podziału kosztów spowodowanych przez przewymiarowanie grzejnika oraz niewłaściwy program regulacji, co powinno być wdrożone do praktyki przez firmy prowadzące rozliczenia.
2. Możliwe i celowe jest wprowadzenie do norm bardziej szczegółowych wymagań odnośnie do warunków określania współczynnika sprzężenia termicznego C_T oraz powołanie akredytowanych laboratoriów badawczych, których wyposażenie i procedury badawcze będą gwarancją odpowiedniej jakości badań.
3. Powstałe laboratorium badawcze jest w pełni przystosowane do prowadzenia badań grzejników i podzielników w symulowanym sezonie grzewczym, dzięki czemu wyniki badań mogą być wykorzystane do dalszego doskonalenia metody podziału kosztów, jak również jako baza doświadczalna dostarczająca danych dla rozwoju metody numerycznej symulacji elementów instalacji grzewczych.

Bibliografia

1. Norma PN-EN 834:1999. *Podzielniki kosztów ogrzewania do rejestrowania zużycia ciepła przez grzejniki. Przyrządy zasilane energią elektryczną*
2. Norma PN-EN 835:1999. *Podzielniki kosztów ogrzewania do rejestrowania zużycia ciepła przez grzejniki. Przyrządy bez zasilania energią elektryczną działające na zasadzie parowania dyfuzyjnego*
3. Kolasa C., Ciuman H., Specjał A.: *Badania charakterystyk cieplnych grzejnikowych podzielników kosztów z odparowaniem*. Raporty roczne z badań w ramach działalności statutowej, KOWiTO, Gliwice (1994-2002)
4. Ciuman H.: *Badanie charakterystyki cieplnego sprzężenia grzejnika i wyparnego podzielnika kosztów ogrzewania*. Praca doktorska, Politechnika Śląska, Gliwice 2000
5. Specjał A.: *Możliwości kształtowania zmiennych warunków cieplnych w badaniach laboratoryjnych grzejników i podzielników kosztów ogrzewania*. Praca doktorska, Politechnika Śląska, Gliwice 2002
6. TRNSYS: *A Transient System Simulation Program*, Solar Energy Laboratory University of Wisconsin, Madison 1994
7. Kolasa C. i in.: *Doskonalenie metodyki podziału kosztów centralnego ogrzewania w budynkach mieszkalnych z uwzględnieniem rzeczywistych stanów eksploatacyjnych*. Raport z realizacji Projektu Badawczego 7 TO7G 013 15, Gliwice 2001
8. Norma PN-B-03406:1994. *Ogrzewnictwo. Obliczanie zapotrzebowania na ciepło pomieszczeń o kubaturze do 600 m³*