

Z przedstawionych rozważań wynika, że wydajność masowa pompy ładująco-cyrkulacyjnej w węzle c.o. i c.w.u. musi zawierać przepływ cyrkulacyjny (wynikły ze strat ciepłych instalacji c.w.u.) oraz przepływ między zasobnikiem a II stopniem (wynikły z uzyskania maksymalnej sprawności zasobnika współpracującego z węzłem).

W celu określenia optymalnych przepływów cyrkulacyjnych oraz opracowania numerycznych metod obliczania węzłów c.o. i c.w.u. wraz ze współpracującą instalacją c.w.u. niezbędny jest matematyczny opis przepływów cyrkulacyjnych. Opis powinien być oparty nie na przybliżeniach intuicyjnych lecz uwzględniać rzeczywiste warunki wymiany ciepła na drodze przepływu ciepłej wody użytkowej. Uzyskanie takiego opisu umożliwi dokonanie analiz wpływu poszczególnych parametrów fizycznych (rodzaj izolacji, grubość izolacji, średnica rurociągu, temperatura otoczenia, żądane schłodzenia) na zmiany przepływów cyrkulacyjnych w instalacji c.w.u. w aspekcie maksymalnej sprawności węzła.

Sposób rozwiązania tego zagadnienia autor przedstawi w następnych artykułach.

#### P I S M I E N N I C T W O

- [1] Chłudow A. W.: Zaopatrzenie w ciepłą wodę. Arkady, Warszawa 1960
- [2] Michajłow L. M., Rezwán E. E., Skanavi A. N.: Osobennosti rasceta sistem centralnogo gorjacego wodonasobnjenja zdantj pri cirkulacjonnom rezimie. Wodonasobnjenje i Sanitarnaja Technika. Moskwa 3/1970

- [3] Chyłowski B.: Instalacje ciepłej wody użytkowej. Arkady, Warszawa 1973
- [4] Ramowe wytyczne projektowania instalacji centralnej ciepłej wody w budownictwie mieszkaniowym wielorodzinnym. Dziennik Budownictwa nr 6/1974
- [5] Wasilewski W.: Przepływ wody wodociągowej w węzle c.w.u. z zasobnikiem. COW 1/1977
- [6] Jeżowiecki J., Brydak-Jeżowiecka D.: Obliczanie układów cyrkulacyjnych w systemach ciepłej wody metodą względnych parametrów hydraulicznych. COW 3/1979
- [7] Zembrowski J. B.: Węzły ciepłe c.o. z c.w.u. — pomoc do ćwiczeń projektowych. Politechnika Białostocka 1980
- [8] Kwiatkowski J., Cholewa J.: Centralne ogrzewanie — pomoc projektanta. Arkady, Warszawa 1980
- [9] Mańkowski S.: Projektowanie instalacji ciepłej wody użytkowej. Arkady, Warszawa 1981
- [10] Jeżowiecki J., Brydak-Jeżowiecka D., Tiukało A., Toton B.: Procedura obliczeń instalacji cyrkulacyjnej ciepłej wody użytkowej metodą względnych parametrów. COW 3/1983
- [11] Jeżowiecki J., Kijak S., Tiukało A., Toton B.: Zastosowanie metody względnych parametrów do obliczania instalacji cyrkulacyjnych ciepłej wody użytkowej. COW 7-8/1983
- [12] Jeżowiecki J.: Akumulacja ciepłej wody użytkowej z zasobnikiem i pompą ładująco-cyrkulacyjną. COW 10/1983
- [13] Zembrowski J. B.: Rozregulowania hydrauliczne i ciepłownicze wymiennikowych węzłów ciepłych centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej. COW 7-8/1983
- [14] Zembrowski J. B.: Akumulacyjność zasobników ciepłej wody użytkowej w stanie przepływu jednokierunkowego. COW 3/1984



Dr inż. LESZEK ŁASKOWSKI

## Badania bilansu i oszczędności energii cieplnej w budynkach mieszkalnych

Groźba deficytu energii przy lawinowo rosnącym jej zużyciu przez współczesną cywilizację uruchomiła obecnie w większości państw wiele mechanizmów obronnych, obejmujących wszystkie dziedziny gospodarki. Zdecydowanie dużą wagę przywiązuje się do jak najszybszego wdrażania wszechstronnych działań oszczędnościowych, polegających na racjonalizacji procesów przetwarzania, przesyłania i końcowego zużycia energii. Doświadczenia wielu krajów wskazują, że takie działania są jednym z najtańszych sposobów zaspokojenia potrzeb energetycznych w nadchodzących latach [1].

Przeszło 80% energii cieplnej używanej w budynkach mieszkalnych przypada na ogrzewanie pomieszczeń i przygotowanie ciepłej wody użytkowej. Zrozumiały jest zatem fakt, iż wysiłki racjonalizujące zużycie energii koncentrują się tutaj na zwiększaniu izolacyjności termicznej obudowy, polepszaniu sprawności zainstalowanych urządzeń grzewczych oraz wykorzystywaniu naturalnych źródeł ciepła [1, 2].

Wdrażanie wszelkich koncepcji nowych budynków energooszczędnych oraz przeprowadzanie zabiegów modernizacyjnych w budynkach istniejących muszą być oparte na dokonanej uprzednio ocenie prognozowanych lub rzeczywistych efektów oszczędnościowych. Dokonanie takiej oceny napotyka wiele trudności wynikających ze znacznej liczby składowych bilansu ciepła (rys. 1) oraz indywidualnego wpływu czynników zakłócających. Te przyczyny wskazują na szczególną funkcję badań bilansu i oszczędności energii cieplnej.

W wielu przypadkach badania takie umożliwiają optymalizację pierwotnie przyjętych koncepcji. Wykonywane według ujednoliconej metodyki, ułatwiają dokonywanie oceny wariantów rozwiązań modernizacyjnych lub eksperymentalnych. Badania kontrolne, usankcjonowane odpowiednimi przepisami nakazowymi, mogą stać się skutecznym bodźcem do preferowania budownictwa energooszczędnego oraz mobilizowania użytkowników mieszkań do oszczędności indywidualnych. Trzeba zaznaczyć, że w niektórych krajach zachodnich kontrola zużycia energii w budownictwie stała się składową całości polityki energetycznej [3, 4].

#### Klasyfikacja metod badań

Stosowane obecnie metody badań bilansu energii cieplnej w budynkach [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11] można sklasyfikować następująco (rys. 2):

- 1) metody doświadczalne, zależnie od zakresu i celu badań oraz od posiadanych możliwości realizowane:
  - a) w obiektach rzeczywistych, normalnie użytkowanych przez mieszkańców lub eksperymentalnych,
  - b) w modelach fizycznych budynków;
- 2) metody analityczne, wykorzystujące matematyczne modele wymiany ciepła i masy w budynkach, polegające na numerycznym rozwiązywaniu układu równań bilansowych, przy czym wyróżnia się tutaj:

## Badania w obiektach rzeczywistych

Najczęstszym celem badań jest ustalenie charakterystyki cieplnej budynków, służących do analizy prognozowanych lub faktycznych oszczędności energii uzyskiwanych w wyniku określonych zabiegów. Wspomniane oszczędności ogólnie określa się umownym terminem „efektu modernizacji” [3, 6, 8]. Wielkość tego efektu wyrażana jest różnicą zużycia energii cieplnej w tym samym budynku przed i po przeprowadzeniu zaplanowanych zabiegów (np. po dociepleniu ścian zewnętrznych, wymianie okien, zainstalowaniu termostatów przy grzejnikach c.o., wyposażeniu mieszkań w liczniki energii itp.).

Istotną przeszkodą przy określaniu obiektywnej wartości efektu modernizacji na podstawie wyników badań jest wpływ czynników zakłócających, różny w kolejnych seriach pomiarów.

Charakterystykę cieplną  $Q$  budynku mieszkalnego można przedstawić jako złożoną funkcję

$$Q = f\{B, Z, W, U(B, Z, W, C)\} \quad (1)$$

w której:

- B — charakterystyka cieplna obudowy,
- Z — charakterystyka warunków meteorologicznych,
- W — charakterystyka mikroklimatu pomieszczeń,
- U — charakterystyka sposobu użytkowania pomieszczeń,
- C — czynniki opisujące zachowanie się mieszkańców.

Zakładając, że czynniki w wymienionej postaci charakteryzują stan przed modernizacją, może przyjąć, że w jej efekcie ulegną zmianie czynniki związane z charakterystyką cieplną obudowy, mikroklimatem pomieszczeń oraz sposobem ich użytkowania. Niekiedy zmienia się również zachowanie mieszkańców. W czasie badań wykonywanych po modernizacji inne będą warunki meteorologiczne. Zatem nowa charakterystyka powyższych czynników może być opisana odpowiednio przez wyrażenia:  $Z + \Delta Z$ ,  $W + \Delta W$ ,  $U + \Delta U$  oraz  $C + \Delta C$ . Efekt Modernizacji  $\Delta Q$  można scharakteryzować różniczką zupełną funkcji (1) mającą postać

$$\Delta Q = \left( \frac{\partial Q}{\partial B} + \frac{\partial Q}{\partial U} \frac{\partial U}{\partial B} \right) \Delta B + \left( \frac{\partial Q}{\partial Z} + \frac{\partial Q}{\partial U} \frac{\partial U}{\partial Z} \right) \Delta Z + \left( \frac{\partial Q}{\partial W} + \frac{\partial Q}{\partial U} \frac{\partial U}{\partial W} \right) \Delta W + \left( \frac{\partial Q}{\partial U} \frac{\partial U}{\partial C} \right) \Delta C \quad (2)$$

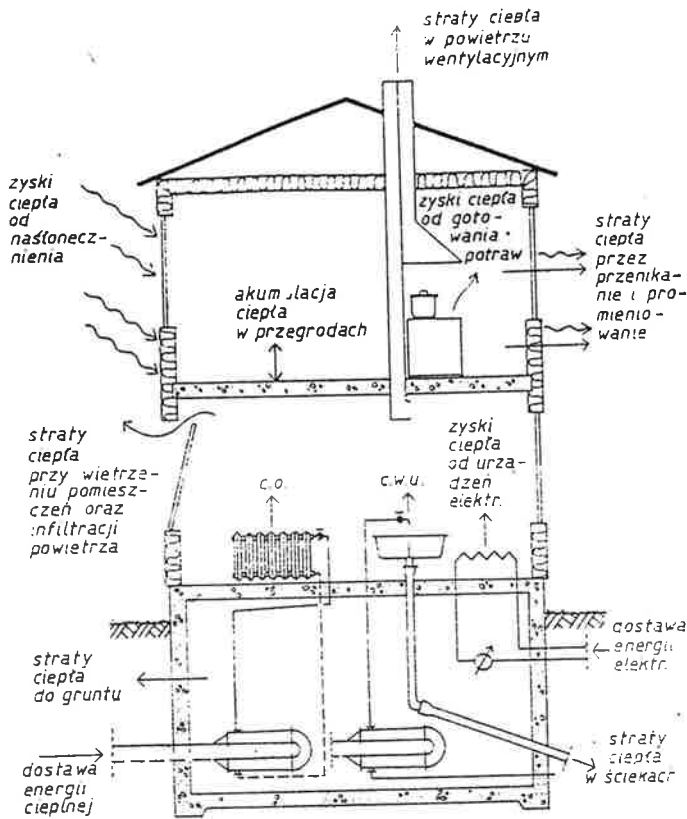
Dysponując odpowiednio skorelowanymi wynikami badań, na podstawie zależności (2) można oszacować wpływ poszczególnych czynników zakłócających i określić rzeczywisty efekt modernizacji.

Interesującą metodyką badań bilansu cieplnego budynków mieszkalnych, przydatną szczególnie przy ocenie efektów różnych sposobów zmniejszania zużycia energii, opisano w pracy [8]. Wyróżniono tam cztery metody wykonywania badań w obiektach rzeczywistych:

### 1. Badania porównawcze (test reference experiment)

Badania wykonywane są jednocześnie w dwu identycznych budynkach, niezbyt od siebie oddalonych: w budynku poddanym uprzednio określonym zabiegom modernizacyjnym oraz w budynku porównawczym. Idealne warunki stosowania tej metody istnieją wtedy, gdy:

- a) obydwa budynki przed modernizacją są rzeczywiście identyczne i tak samo eksploatowane,
- b) odległość między nimi jest na tyle mała, iż w czasie badań warunki zewnętrzne wokół budynków są jednakowe,
- c) mikroklimat pomieszczeń w obu obiektach jest jednaki i nie ulega zmianie po modernizacji,
- d) modernizacja nie wpływa na zmianę szeroko pojętego sposobu zachowania się mieszkańców.



Rys. 1. Schemat bilansu energii cieplnej w budynku mieszkalnym

a) dokładne metody symulacyjne służące raczej celom naukowym,

b) przybliżone metody korelacyjne przydatne szczególnie w praktyce inżynierskiej;

3) metody półempiryczne, polegające na wykorzystaniu w obliczeniach pewnych zależności uzyskanych w sposób eksperymentalny, z reguły mających charakter szczególny.

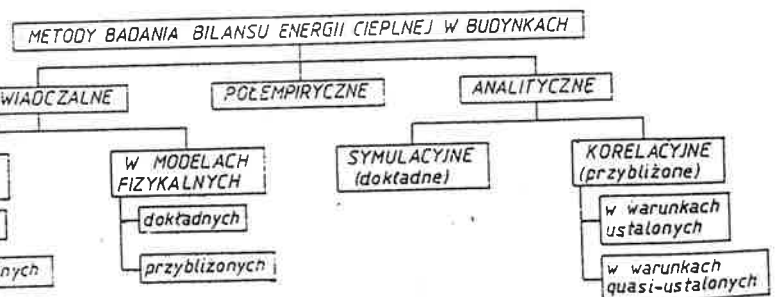
Zgodnie z klasyfikacją podaną w pracy [7] badania można wykonywać na jednym z trzech niżej wymienionych poziomów.

— A — badania o charakterze naukowym, mające na celu dokładną analizę wszystkich czynników wpływających na bilans energetyczny rozpatrywanego budynku, wymagające dysponowania bogatym zestawem aparatury i odpowiednio zaprogramowanym komputerem,

— B — badania skoncentrowane na wybranych czynnikach kształtujących bilans energetyczny budynku, służące najczęściej do weryfikacji przyjętych hipotez lub do optymalizacji rozpatrywanych wariantów,

— C — badania wyrwykowe, dające raczej jakościowy obraz analizowanych zjawisk, służące do oceny wstępnej lub szacunkowej.

Badania eksperymentalne wykonywane na poziomie B lub C wymagają z reguły dostępu do wielu obiektów, co sprzyja obiektywności otrzymanych wyników i sformułowania na ich podstawie wniosków.



Rys. 2. Klasyfikacja metod badania bilansu energii cieplnej w budynkach



Mierzone parametry	Zakres	Rejestr	Rożmieszczenie czujników
T — temperatura powietrza zewnętrznego °C	-30+ +40	1 h	<p>Parametry meteorologiczne</p>
F — wilgotność względna powietrza zewnętrznego, %	0-100	1 h	
P — ciśnienie barometryczne, mbar	1200	1 h	
S1, S2 — gęstość promienia słonecznego, W/m²	0-1300	10 min	
U — prędkość wiatru, m/s	0-25	10 min	
K — kierunek wiatru	0-360°	1 h	
T1 — temperatura powietrza wewnętrznego °C	10-40	1 h	
T2 — średnia temperatura promieniowania, °C	10-40	1 h	
V — strumień powietrza wentylacyjnego, m³/h		1 h	
S — słoneczne zyski ciepła, W.h		1 h	
Z — wewnętrzne zyski ciepła, W.h		24 h	
Q — ciepło dostarczane przez grzejniki, W.h		24 h	
T1, T2 — temperatura zasilania i powrotu w sieci, °C	0-150	6 min	<p>Bilans cieplny urządzenia c.o.</p>
T3, T4 — temperatura zasilania i powrotu w instalacji, °C	0-100	6 min	
G1, G2 — strumień masy wody sieciowej i instalacyjnej, kg/s		6 min	

Rys. 3. Schematy pomiarowe do badania bilansu cieplnego budynków mieszkalnych

Niewątpliwie są to warunki nader ostre i w praktyce trudne do spełnienia. Zatem w równaniu (2) można jedynie przyjąć, że z założenia  $\Delta Z = 0$ .

## 2. Badania w warunkach symulowanej obecności mieszkańców (simulated occupancy design)

Badania porównawcze są w tym przypadku prowadzone w budynkach nie zasiedlonych. Obecność mieszkańców jest symulowana według programu odzwierciedlającego przeciętny sposób użytkowania mieszkań, związany z zapotrzebowaniem i zyskami energii cieplnej. Przy takich warunkach badań w równaniu (2):  $\Delta Z = 0$ ,  $C = 0$ ,  $\Delta W = 0$  oraz  $\partial U / \partial B = 0$ .

## 3. Metoda dwu serii badań (befor-after experiment)

Badania bilansu energii cieplnej prowadzi się w jednym budynku, w dwóch równych okresach, przed i po modernizacji. Należy dążyć do spełnienia następujących wymagań:

- sposób użytkowania budynku oraz zachowanie się mieszkańców powinny być identyczne w obu okresach badań,
- przeciętne warunki meteorologiczne w czasie obu serii badań nie mogą zbytnio różnić się od siebie,
- modernizacja nie powinna wpływać znacząco na zmianę mikroklimatu pomieszczeń.

Wiarygodność wyników badań jest tym większa, im dłuższy jest czas obu serii pomiarów.

## 4. Metoda warunków przemennych (on-off experiment)

Jest to metoda podobna do poprzedniej i stosowana wtedy, gdy możliwe jest przeprowadzenie wielu stosunkowo krótkich cykli pomiarów wykonywanych na przemian w warunkach funkcjonowania lub wyłączenia urządzeń mających na celu oszczędne gospodarowanie energią cieplną w budynku. Taki sposób znacznie skraca czas badań, a jednocześnie umożliwia bieżącą optymalizację zabiegów modernizacyjnych. Obiektywną ocenę efektu modernizacji mogą tu utrudniać zmiany warunków zewnętrznych, szczególnie przy dużej pojemności cieplnej budynku. Krótki czas trwania poszczególnych serii pomiarów eliminuje natomiast wpływ zachowania się mieszkańców.

Metoda warunków przemennych pozwala na ocenę efektywności wybranych zabiegów modernizacyjnych o charakterze odwracalnym. Umożliwia też indywidualną ocenę wpływu modernizacji na poszczególne składowe bilanse energii, podczas gdy metody poprzednie w praktyce dopuszczają jedynie ocenę globalną.

### Uwagi o wykonywaniu pomiarów i opracowaniu wyników badań

Eksperymentalne badania bilansu cieplnego budynków mieszkalnych wymagają wykonania pomiarów wszystkich parametrów fizycznych, umożliwiających empiryczne określenie czynników wyznaczających funkcję (1). Na rysunku 3 pokazano podstawowe schematy pomiarowe ułatwiające skompletowanie niezbędnego zestawu aparatury. W tabeli 1 zestawiono dokładności przyrządów oraz całego systemu pomiarowego zalecane w pracach [7,8].

Czas trwania pomiarów zależy od przyjętej metody badań. Ogólnie uznaje się, że minimalnym okresem miarodajnej globalnej oceny zużycia energii cieplnej w budynku mieszkalnym jest jeden rok. Dokładna ocena wpływu różnych czynników na bilans energetyczny obiektu wymaga natomiast badań nawet przez kilka kolejnych lat [3, 7, 10, 11, 12].

Obiektywności uzyskiwanych wyników sprzyja zwiększenie liczby jednocześnie badanych budynków. Ponadto wzrost populacji obiektów badań ułatwia dokonywanie oceny ostatecznej na podstawie metod statystycznych.

Z góry można przyjąć, że większość badań zużycia energii cieplnej będzie dotyczyła budynków wielorodzinnych, w których nie sposób wyobrazić sobie wykonywanie ciągłych pomiarów we wszystkich mieszkaniach. Przystępując do badań, przede wszystkim trzeba więc określić:

- reprezentatywną liczbę budynków objętych pomiarami zużycia energii, wybranych z całej populacji rozważanych obiektów [8];

$$n_B = 2 \left[ \frac{2 s_B}{w} t(P, n) \right]^2 \quad (3)$$

gdzie:

- $s_B$  — oszacowane odchylenie standardowe zmierzonego zużycia energii od wartości rzeczywistej,
- $w$  — rozpiętość przedziału ufności wyniku badań,
- $t(P, n)$  — zmienna rozkładu *t-Studenta* w funkcji przyjętego poziomu ufności  $P$  oraz liczebności próby  $n = n_B$ ;

TABELA 1

Wymagana dokładność przyrządów do eksperymentalnych badań bilansu energii cieplnej w budynkach

Mierzone parametry	Graniczny błąd pomiaru
Temperatura:	
— wartość bezwzględna	±0,25°C
— różnica	±0,1 K dla $\Delta T > 15$ K
Prędkość wiatru	±0,5 m/s
Gęstość promieniowania słonecznego	±5%
Strumień masy czynnika grzejącego:	
— dla przepływów mniejszych niż 50% przepływu nominalnego,	±2%
— dla pozostałych przepływów	±5%
Strumień energii cieplnej	±5%
Zużycie energii elektrycznej	±1%
Ogólna dokładność wyników badań	±10%

TABELA 2

Reprezentatywne liczby budynków mieszkalnych, w których należy przeprowadzać badania doświadczalne bilansu energii przy określaniu jej oszczędności

$\frac{2 s_M}{w}$	Liczba budynków $n_n$ przy założonym poziomie ufności $P$			
	$P = 0,05$	$P = 0,10$	$P = 0,25$	$P = 0,33$
0,5	5	4	3	2
1,0	10	8	4	3
1,5	20	14	8	6
2,0	33	23	12	9
2,5		36	18	13
3,0			25	18
3,5				25

b) minimalną liczbę badanych mieszkań w każdym z tych budynków, miarodajną przy ustalaniu średnich wartości mierzonych parametrów; przy założeniu rozkładu normalnego odchyłek od wspomnianej wartości średniej, liczbę tę można wyznaczyć ze wzoru podanego w pracy [13]:

$$n_M = N \frac{N^2 (1/2)^2}{N (1/2)^2 + s_M^2} \quad (4)$$

gdzie:

- $N$  — łączna liczba mieszkań w budynku,
- $1$  — wymagana dokładność pomiarów danego parametru,
- $s_M$  — odchylenie standardowe wartości średniej uzyskanej z pomiarów w  $n_M$  mieszkaniach od rzeczywistej wartości średniej.

Przykładowo, w tabeli 2 zestawiono reprezentatywne liczby budynków mieszkalnych określone według wzoru (3), natomiast w tabeli 3 podano minimalne liczby mieszkań, w których należy wykonać pomiary służące do określania średniej wartości temperatury powietrza wewnętrznego w budynku. Tabelę tę budowano przy założeniu odchylenia standardowego o wartości 1,0 K z prawdopodobieństwem nie mniejszym niż 95% [13].

Po ostatecznym opracowaniu, wyniki badań wygodnie jest przedstawić w formie funkcji korelującej ilość ciepła dostarczanego przez grzejniki z pozostałymi parametrami kształtującym bilans energii cieplnej budynku [5, 6, 8]. W formie rozwiniętej funkcja ta przyjmuje postać:

$$Q_G = x_1 \Delta T + x_2 V + x_3 S + x_4 P + x_5 \quad (5)$$

zaś w najczęściej spotykanej formie uproszczonej, wystarczającej przy opracowaniu wyników badań przeprowadzonych w dostatecznie długim czasie.

$$Q_G = y_1 \Delta T + y_2 \quad (6)$$

gdzie:

- $Q_G$  — energia cieplna dostarczana przez grzejniki,
- $\Delta T$  — różnica temperatury wewnętrznej i zewnętrznej,
- $V$  — charakterystyka prędkości i kierunku wiatru,
- $S$  — użyteczna energia słoneczna,
- $P$  — wewnętrzne zyski ciepła,
- $x_j, y_j$  — współczynniki regresji lub przesunięcia funkcji korelacyjnych.

Oszacowaną ilość zaoszczędzonej energii cieplnej można podawać w postaci jednostkowego wskaźnika odniesionego do kubatury lub powierzchni użytkowej budynku [7, 8, 14].

TABELA 3

Minimalna liczba mieszkań miarodajna do określania średniej temperatury powietrza wewnętrznego w budynku mieszkalnym

Łączna liczba mieszkań w budynku, $N$	Minimalna liczba mieszkań $n_M$ w zależności od dokładności pomiaru temperatury $\Delta$			
	$\pm 0,3$ K	$\pm 0,5$ K	$\pm 0,7$ K	$\pm 1,0$ K
50	24	12	7	4
100	31	14	8	4
200	37	15	8	4
400	41	16	8	4

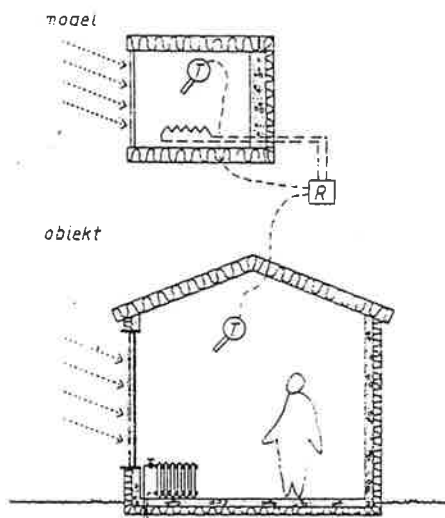
## Badania modelowe

Badania wykonywane w obiektach rzeczywistych narażają wiele trudności organizacyjnych i technicznych. Wymagają dostępu do wielu najczęściej zamieszkałych już budynków oraz dysponowania bogatym zestawem aparatury pomiarowej i rejestrującej. Są zatem kosztowne i czasochłonne, szczególnie gdy ich celem jest porównywanie różnych wariantów. Trudności te można niekiedy ominąć, podejmując badania w modelach fizycznych budynków, wykonywane z reguły metodą modelowania przybliżonego. Popełniani w tym przypadku błąd jest możliwy do określenia przez weryfikację eksperymentalną wyników badań modelowych z pomiarami kontrolnymi wykonywanymi wrywkowo w odpowiednim budynku.

Zasadę badań modelowych bilansu energii cieplnej w budynku mieszkalnym, wykonywanych metodą tzw. skrzynki testowej, pokazano na rysunku 4. Taki sposób jest zalecany między innymi do badań efektywności różnych rodzajów biernych systemów słonecznych [7].

## Badania analityczne

Zainteresowanie analitycznymi badaniami zużycia i oszczędności energii w budynkach ostatnio stale wzrasta w związku z szybkim rozwojem techniki komputerowej. Obecnie w USA i Europie Zachodniej metody te są zdecydowanie



Rys. 4. Zasada badań modelowych bilansu energii cieplnej w budynku mieszkalnym

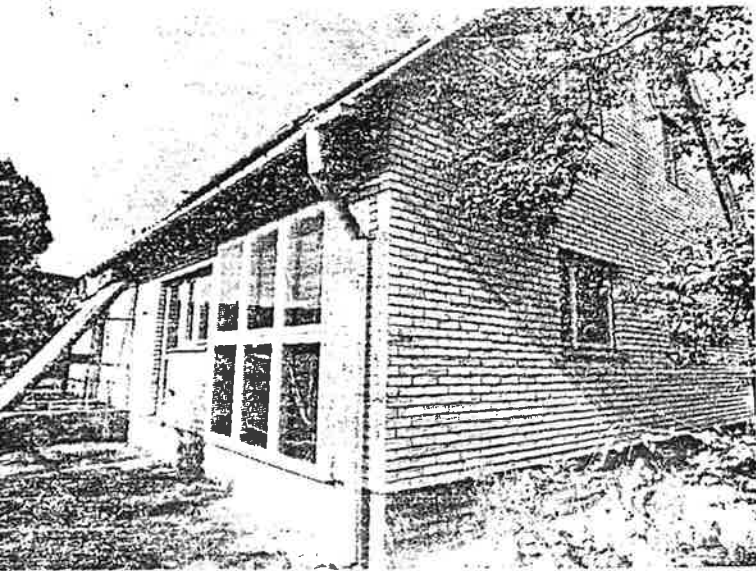
preferowane. W opracowaniach [3, 9] przedstawiono i porównano ze sobą szereg algorytmów komputerowych obliczeń bilansu i oszczędności energii cieplnej w budynkach. Są to zarówno programy drobiazgowy i dokładne, wymagające dostępu do komputerów o dużej pojemności pamięci, jak też algorytmy uproszczone, przeznaczone dla mikrokomputerów lub programowanych kalkulatorów podręcznych. W wymienionych opracowaniach wykazano, że dokładność badań analitycznych, przy prawidłowo sformułowanym układzie równań i właściwie określonych warunkach brzegowych, dorównuje dokładności długotrwałych, kosztownych badań doświadczalnych.

Przykładem algorytmu uproszczonej analizy bilansu energii cieplnej w budynku może być opracowany i w pewnym zakresie już zweryfikowany eksperymentalnie przez autora programu PROBS wariantowego projektowania biernych systemów słonecznych [15].

## Podsumowanie

Przedstawione w artykule rozważania nie wyczerpują bynajmniej złożonej i nie rozpoznanej jeszcze w całości problematyki obiektywnej oceny oszczędności energii w budynkach mieszkalnych. Informują natomiast w zarysie o możliwościach i sposobach wykonywania takich badań, których celowość wydaje się autorowi oczywista.

W Zakładzie Fizyki Ciepłej ITB od kilku lat prowadzone są prace badawcze dotyczące racjonalizacji gospodarowania

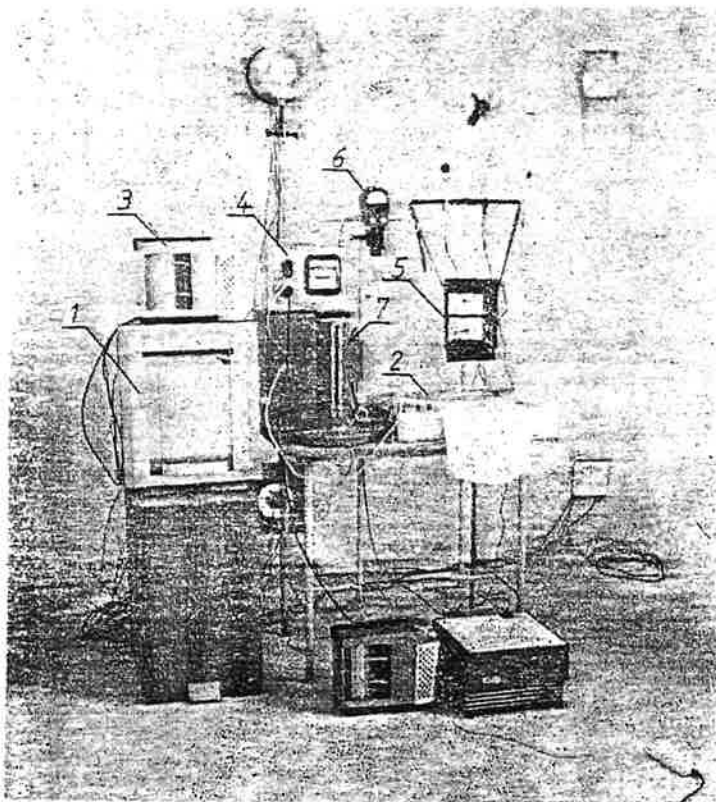


Rys. 5. Eksperymentalny budynek jednorodzinny badany w Zakładzie Fizyki Ciepłej ITB

energii ciepłą w budynkach. Między innymi koncentrują się one na zagadnieniach optymalizacji ochrony cieplnej budynków oraz biernego wykorzystania energii słonecznej.

Po zakończeniu badań możliwości i zakresu wykorzystania południowych okien jako kolektorów słonecznych [16], rozpoczęto szeroko zakrojone badania eksperymentalne w specjalnie zbudowanym domu jednorodzinnym o dużej izolacyjności cieplnej przegród zewnętrznych, wyposażonym w system ogrzewania elektrycznego z automatyczną regulacją temperatury, słoneczną instalację ciepłej wody użytkowej

Rys. 6. Zestaw aparatury pomiarowej do badania efektywności biernego systemu słonecznego: 1 — rejestrator wielopunktowy temperatury, 2 — rejestrator gęstości promieniowania słonecznego, 3 — regulator temperatury wraz z licznikiem energii, 4 — miernik temperatury odczuwalnej, 5 — termooanemometr, 6 — mikromanometr, 7 — termohigrograf kontrolny



oraz przystosowanym do biernego wykorzystania energii słonecznej. Budynek ten pokazano na rysunku 5. Na rysunku 6 natomiast uwidocznił jeden ze stosowanych tam układów pomiarowych służący do badania efektywności biernych systemów słonecznych.

Oprócz badań wykonywanych w skali naturalnej, podjęto ostatnio badania modelowe funkcjonowania wspomnianych systemów słonecznych.

Autor ma nadzieję, iż zarówno zasygnalizowane wyżej badania, jak też prace zaplanowane na przyszłość, przyczynią się do dokładnego rozpoznania i wdrożenia opłacalnych sposobów racjonalnego gospodarowania energią ciepłą w krajowym budownictwie.

#### PIŚMIENNICTWO

- [1] Płoński W., Laskowski L.: *Zagadnienia oszczędności energii w budownictwie*. Prace ITB 4/1982
- [2] Płoński W., Laskowski L.: *Oszczędne gospodarowanie energią w budownictwie mieszkaniowym i towarzyszącym*. COIB, seria: Problematyka Budownictwa (w druku)
- [3] *Energy Audit Workshop in Elsinore* (materiały konferencyjne), SCBR, Stockholm 1981
- [4] *Energy Saving Projects in Dwellings where Measures Have Been Implemented by Governmental Energy Saving Grants*. SCBR, Document 7/1981
- [5] Burch D. M.: *Effect of wall mass on energy consumption*. *Batiment Int.* 3/1983
- [6] Elmroth A., Forslund J., Rolén C.: *Measured energy savings in Swedish homes*. *Energy and Buildings* 1/1984
- [7] Ferraro R., Godoy R., Turrent D.: *Monitoring Solar Heating Systems*. Pergamon Press, Oxford 1983
- [8] Fracastoro G., Lyberg M. D.: *Guiding Principles Concerning Design of Experiments, Instrumentation and Measuring Techniques*. International Energy Agency, 1983
- [9] Källblad K.: *Calculation Methods to Predict Energy Savings in Residential Buildings*. SCBR, Document 4/1983
- [10] Cyttenbroeck J., Heikhaus H.: *Measures de la consommation d'énergie dans dix maisons neuves non habitées*. *CSTC-Revue* 1/1978
- [11] Beaudoux M.: *Modélisation Thermique*. *Annales de ITBTP* nr 416
- [12] Favere P., Weinman Ch., Barde O.: *La Signature Energetique — outil du diagnostic thermique d'un bâtiment*. *Annales de ITBTP* nr 419
- [13] Grudziński M. M., Liveak V. I., Poz M. J.: *Otopitelno-ventilacionne sistemy zdaniy pouysennoj etaznosti*. *Stroizdat*, Moskwa 1982
- [14] Wick B.: *Einfluss von Hülle, Heizung und passiver Sonneneinstrahlung auf den Energieverbrauch von Gebäuden*. *Bauphysik* 1/1983
- [15] Laskowski L.: *Projektowanie biernych systemów słonecznych w matych budynkach mieszkalnych*. *COW* 2 i 3/1984
- [16] Laskowski L.: *Okna jako kolektory ciepła słonecznego*. *COW* 9/1983

### Kopalnia Węgla Brunatnego „BEŁCHATÓW”

w budowie z siedzibą w Rogowcu,  
przekaze nieodpłatnie od zaraz  
zainteresowanym zakładom lub instytucjom  
20 ton smaru łożyskowego  
przepracowanego.

Odbiór własnym środkiem transportu  
i we własnych opakowaniach w godzinach 8.00—14.00.

Szczegółowych informacji udziela  
Dział Gospodarki Materiałowej i Zbytu  
tel.: Bełchatów 73176 lub 73374.

EO/876/K/85