

Wpływ sterowania czasem pracy węzła cieplnego na stan temperaturowo-wilgotnościowy przegród budowlanych

*Aleksander Szkarowski, Maja Dyczkowska
Politechnika Koszalińska*

1. Wstęp

Jednym z najbardziej efektywnych, prostych i nisko kosztowych sposobów oszczędzania energii w ogrzewnictwie jest uzasadnione dopuszczalne obniżenie temperatury w pomieszczeniach ogrzewanych stosując czasowe wyłączenie instalacji c.o. W większości przypadków nowoczesnych węzłów cieplnych zastosowanie metody, opiera się wyłącznie o dokładnie przeprowadzone obliczenia, nie wymagając żadnego dodatkowego wyposażenia [1]. W budynkach o czasowym przebywaniu ludzi (większość budynków użyteczności publicznej, szkoły, biurowce itp.) metoda pozwala na oszczędzanie około 20% zapotrzebowania ciepła w sezonie grzewczym [2].

Pewnym paradoksem jest fakt, że tak łatwa do wdrożenia i efektywna metoda nadal jest mało stosowana. Istnieje kilka wyjaśnień takiego stanu rzeczy. Po pierwsze sterowanie czasem pracy często mylone jest z regulacją pogodową czy też z regulacją według krzywych grzania. Jednak bardziej istotną przyczyną jest obawa specjalistów dotycząca obniżenia temperatury przegród budowlanych i co za tym idzie – ich zawilgocenia.

Autorzy chcą udowodnić, iż oszczędzanie energii cieplnej przy pomocy omawianej metody nie wpływa niekorzystnie na stan temperaturowo-wilgotnościowy konstrukcji ścian zewnętrznych. Sterowanie czasem pracy węzła c.o. zastosowano w budynku, w którym tylko okresowo przebywają ludzie. W takim przypadku obniżenie temperatury wewnątrz użytkowanych pomieszczeń jest w pełni uzasadnione, nie powoduje, bowiem obniżenia komfortu cieplnego, natomiast osiągnany efekt jest maksymalny.

Przedmiotem badań była obserwacja zmiany temperatury na obu powierzchniach ściany zewnętrznej oraz wewnętrznej i na zewnętrznej pomieszczenia.

2. Warunki eksperymentu i przebieg badań

Z dużej ilości posiadanych przez autorów danych wybrano charakterystyczną serię pomiarów przeprowadzoną w budynku C zespołu budynków Politechniki Koszalińskiej przy ul. Raclawickiej w okresie 23 lutego do 3 marca 2007 r. [3]. Jest to budynek po kompleksowej termomodernizacji o dwuwarstwowej konstrukcji ścian zewnętrznych, która gwarantowała dużą bezwładność oraz pojemność cieplną przegrody.

W budynku przeprowadzono również pełną modernizację instalacji centralnego ogrzewania. Modernizacja instalacji c.o. polegała na całkowitej wymianie armatury grzewczej oraz budowie własnego węzła cieplnego z armaturą pomiarową i regulacyjną, m.in. wyposażenie węzła w sterownik firmy Danfoss ECL 300 oraz pompy obiegowe firmy Grundfoss. Węzeł cieplny zbudowany został jako dwubiegowy, przy czym jeden obieg obsługiwał budynek B, a drugi budynek C. Oba obiegi opomiarowano wspólnym licznikiem ciepła i regulatorem ECL 300.

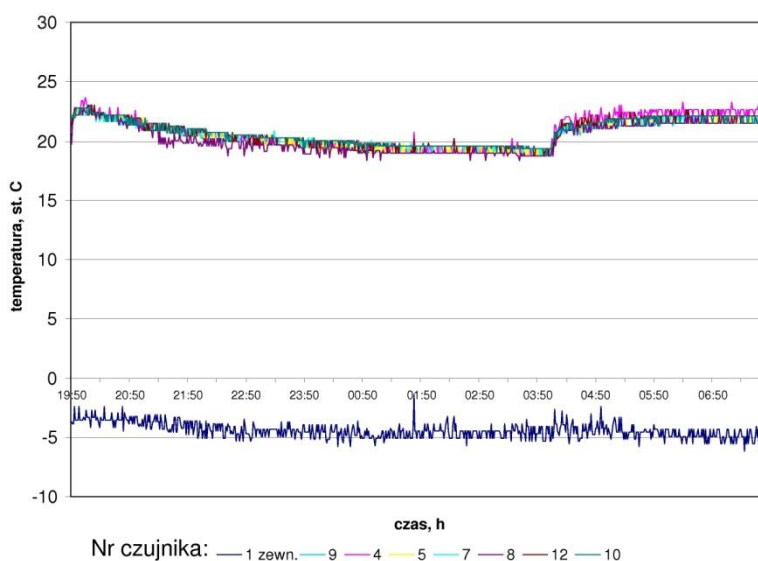
Bezpośrednim obiektem doświadczalnym był pokój usytuowany na drugim, ostatnim piętrze budynku W badanym pomieszczeniu zainstalowano termoelektryczne czujniki temperatury, umieszczone na wysokości 1,5 m od podłogi i w odległości 0,15 m od ścian wewnętrznych. Jedną z termopar zamontowano w środku pomieszczenia, dwie zostały przyklejone do obu powierzchni przegrody zewnętrznej. Dodatkowo mierzono temperaturę powietrza zewnętrznego. W skład stanowiska wchodziły także karta pomiarowa Advantech PCI-1710-HGT oraz komputer z programowaniem do rejestracji danych pomiarowych GenieDAQ 4.0.

Pomiary zostały wykonane w godzinach od 20:00 do 7:00. W eksperymencie 23/24.02.2007r. węzeł był całkowicie wyłączony (od godziny 20:00 do 4:00), a następnie uruchomiony w trybie normalnej pracy („nastawa komfortu cieplnego”, czyli 19 °C na sterowniku węzła cieplnego). Kolejny pomiar wykonano 25/26.02.2007r. według „nastawy ekonomicznej” regulatora ECL 300 w godzinach 21:00-7:00. Ostatni, sprawdzający pomiar dokonano 2/3.03.2007 r. w całonocnej nastawie komfortu sterownika. Właśnie pomiary z całkowitym wyłączeniem instalacji c.o. stanowią przedmiot analizy niniejszego artykułu.

3. Wyniki badań

Wyniki pomiarów temperatury wewnątrz i na zewnątrz obiektu oraz przebiegi ich zmian przedstawiono na rysunku 1.

Rysunek 1 pokazuje powolny spadek temperatur przy całkowitym wyłączeniu zasilania w węźle cieplnym, a następnie szybki jej wzrost wewnątrz badanego budynku, po uruchomieniu węzła. Na wykresie widoczne jest obniżenie temperatury wewnętrznej o około 4°C do dosyć wysokiego poziomu 19°C. Należy zwrócić uwagę, iż stabilizacja temperatury zachodzi już po godzinie od włączenia zasilania na źródle ciepła. W pomieszczeniu odnotowujemy temperaturę komfortu cieplnego rzędu 23°C, gdy nastawa sterownika wynosi 19°C. Głowice termostatyczne są całkowicie otwarte.



Rys. 1. Temperatura wewnątrz i na zewnątrz pokoju podczas wyłączenia węzła cieplnego od godziny 20:00 do 4:00 oraz z zastosowaniem nastawy komfortu 4:00 – 7:00

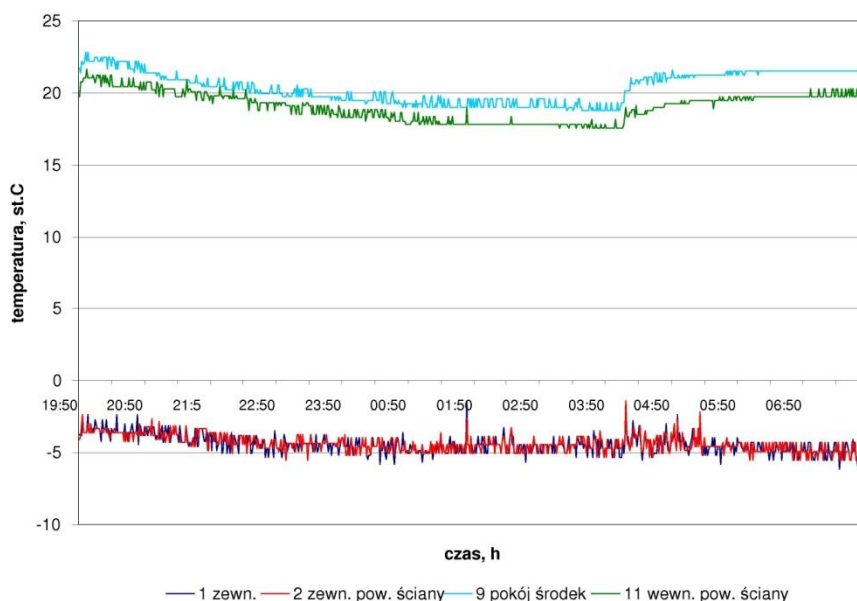
Fig. 1. Temperature inside and outside room during a heat station turned off 8p.m. to 4a.m. and with applied the comfort adjuster at 4:00 – 7:00a.m.

Instalacja c.o. podczas eksperymentu poprawnie reaguje na zmianę temperatury na zewnątrz, nie pozwalając na równoczesne obniżenie jej wartości w środku obiektu. Tak działa regulacja pogodowa sterownika ECL 300, która

przy pomocy czujnika temperatury zewnętrznej, dostarcza ciepło w zależności od warunków atmosferycznych.

Na wykresach pokazanych na rysunku 1, mierzono temperaturę powietrza wewnątrz obiektu za pomocą siedmiu czujników nr: 4, 5, 7, 8, 10, 12, umieszczonych wzdłuż ścian wewnętrznych oraz czujnika nr 9, znajdującego się w środku pomieszczenia. Czujnik nr 1 rejestrował temperaturę zewnętrzną.

Rysunek 2 obrazuje zmiany wartości temperatur na powierzchni wewnętrznej (czujnik nr 11) i zewnętrznej (czujnik nr 2) przegrody budowlanej oraz temperatur wewnątrz (czujnik nr 9) i na zewnątrz (czujnik nr 1) badanego budynku. Zauważamy dużą zgodność przebiegu temperatur w środku pokoju i na powierzchni przegrody. Istotne jest, iż różnica ta jest stała i wynosi 2°C podczas całego procesu obniżenia i powrotu do stanu komfortu w budynku.



Rys. 2. Temperatura na wewnętrznej i zewnętrznej powierzchni przegrody budowlanej podczas pracy węzła cieplnego wyłączzonego od godziny 20:00 do 4:00 oraz przy nastawie komfortu w godzinach 4:00÷7:00

Fig. 2. Temperature on the internal and external on a building partition a heat station turned off 8p.m. – 4a.m. and with applied the comfort adjuster at 4:00÷7:00

Tabela 1 prezentuje wyniki pomiarów w nocy 23/24.02.2007r. pokazane na wykresach (rysunek 1 i 2). W celu zmniejszenia ilości danych w tabeli podano wyniki próbkowania co 30 minut (w rzeczywistości co 5 minut).

Tabela 1. Wyniki pomiarów 23/24.02.2007

Table 1. Measurements data 23/24.02.2007

Nr czujnika	1	2	4	5	7	8	9	10	11	12
Poł. czujnika	zewn.	ściana od zewn.	pokój strona prawa I	pokój strona prawa II	pokój strona prawa III	pokój strona lewa I	pokój środek	pokój strona lewa II	ściana od wewn.	pokój strona lewa II
Godzina	Temperatura [°C]									
20:00	-3,595	-3,595	22,802	22,802	22,208	22,802	22,208	22,208	21,018	22,802
20:30	-3,595	-3,595	22,802	22,208	22,208	22,208	22,208	22,208	20,424	22,208
21:00	-4,087	-3,841	21,372	21,372	21,372	20,778	21,372	21,372	19,942	21,967
21:30	-4,579	-4,333	21,486	20,891	20,891	20,296	20,891	21,246	20,296	21,486
22:00	-5,071	-4,216	21,005	20,41	21,005	19,815	20,41	20,765	19,815	21,005
22:30	-4,462	-4,1	20,17	20,524	20,765	19,334	19,929	20,765	19,575	20,765
23:00	-4,954	-4,346	19,929	20,284	20,284	19,689	19,929	20,524	19,094	20,284
23:30	-4,346	-4,346	19,689	20,284	20,284	19,689	19,689	20,284	19,094	20,284
00:00	-5,2	-4,591	19,449	19,449	20,044	19,449	19,449	20,284	18,258	20,044
00:30	-5,446	-4,837	20,044	19,449	20,044	19,449	19,449	20,044	18,258	19,803
01:00	-4,837	-4,837	19,208	18,968	19,803	19,208	19,208	19,563	17,776	19,563
01:30	-4,474	-4,229	19,563	18,968	19,563	18,968	18,968	19,563	18,372	19,563
02:00	-4,474	-4,474	19,563	19,563	19,563	18,968	19,563	19,563	17,776	19,563
02:30	-5,083	-5,083	18,968	19,563	19,563	18,968	18,968	19,563	17,776	19,563
03:00	-4,474	-4,474	19,563	19,563	19,563	18,968	18,968	19,563	17,776	19,563
03:30	-4,72	-3,866	19,323	19,563	19,323	18,727	18,727	19,323	17,536	19,563
04:00	-4,112	-4,72	19,323	19,323	19,323	19,323	18,727	19,323	17,536	19,323
04:30	-4,708	-5,317	21,714	21,119	21,119	21,119	21,119	21,119	18,739	21,714
05:00	-4,216	-3,608	22,194	21,84	21,6	21,005	21,246	21,84	19,22	21,6
05:30	-5,188	-4,579	21,84	21,246	21,246	21,246	21,246	21,84	19,461	22,435
06:00	-4,942	-4,942	22,081	21,486	21,486	21,486	21,486	22,081	19,461	22,081
06:30	-5,551	-4,942	22,081	22,081	21,486	21,486	21,486	22,081	19,701	22,081
07:00	-5,551	-4,942	22,081	21,486	22,081	22,081	21,486	22,081	19,701	22,081

Zastosowanie metody, polegającej na regulacji czasu pracy węzła cieplnego, powoduje obniżenie temperatury wewnątrz pokoju o 3°C. Natomiast zużycie energii cieplnej zmniejsza się o 70% w stosunku do nastawy ekonomicznej regulatora i aż 80%, w porównaniu do standardowego trybu pracy instalacji c.o. Wobec tego uznać można za prawidłowe stosowanie regulacji ilościowej w obiekcie o wysokiej ochronie cieplnej.

4. Analiza zmian rozkładu temperatury w przegrodzie budowlanej

Przegroda budowlana obiektu składała się z warstwy nośnej stanowiącej mur z pustaka U-MAX 220 oraz 12-centymetrowej warstwy styropianu. Przegroda została obustronnie wykończona tynkiem cementowo-wapiennym o grubości 0,15 cm.

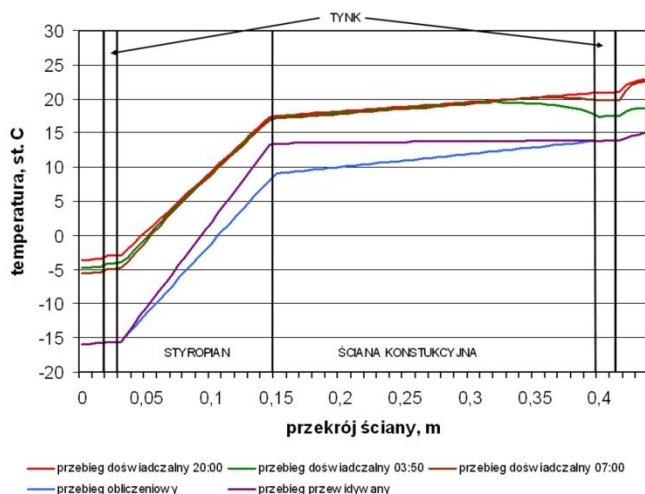
Tabela 2 przedstawia rozkład temperatur w przegrodzie budowlanej osiągniętych podczas 23/24.02.2007 dla kolejnych okresów granicznych. W tabeli umieszczono wartości z obliczeń cieplnych dla warunków normatywnych, ustalonych i temperatury zewnętrznej -16°C i obniżenia temperatury wewnętrznej do 15°C, jak również dla tych samych warunków cieplnych, jednakże dla przewidywanych wartości w przebiegu niestacjonarnym.

Tabela 2. Rozkład temperatur w ścianie zewnętrznej

Table 2. Change of temperature in an external wall

Grubość i rodzaj warstw przegrody		Wartość z eksperymentu 20:00	Wartość z eksperymentu 03:50	Wartość z eksperymentu 07:00	Wartość obliczeniowa	Wartość przewidywana
	m	Temperatura [°C]				
otoczenie		-3,6	-4,7	-5,5	-16	-16
		-3	-4,1	-4,9	-15,65	-15,65
tynk	0,01	-2,9	-4	-4,8	-15,55	-15,55
styropian	0,12	17,5	17,3	17,1	9,05	13,5
ściana konstrukcyjna	0,25	20,9	17,4	19,8	13,81	13,8
tynk	0,015	21	17,5	19,7	13,99	14
wewnątrz		22,8	18,7	22,6	15	15

Na podstawie tych danych można stwierdzić, że spadek temperatury był całkowicie bezpieczny dla konstrukcji ścian. Schemat przebiegu zmiany wartości temperatury w ścianie zewnętrznej pokazano na rysunku 3. Obliczenia wartości temperatur obliczono na podstawie wyników pomiarów z dnia 23/24.02.2007 [4].



Rys. 3. Zmiana temperatury w zewnętrznej przegrodzie budowlanej
 Fig. 3. Change of temperature in an external wall

5. Podsumowanie

Metoda oszczędzania energii cieplnej, na podstawie krzywej grzania nie bierze pod uwagę niestacjonarnego przebiegu zmiany obniżenia temperatury w nocy, co powoduje znikomą małą reakcję instalacji c.o. na zastosowanie ekonomicznego trybu pracy węzła cieplnego.

Badania potwierdziły zasadność stosowania metody polegającej na zmianie czasu pracy instalacji centralnego ogrzewania, w celu zmniejszenia zużycia energii cieplnej przez budynki o wysokiej izolacyjności cieplnej. Pomimo aż ośmiogodzinnego wyłączenia węzła cieplnego, nie nastąpiło nadmierne wychłodzenie pomieszczenia. Zauważono również bardzo szybki, niemalże jednogodzinny powrót temperatury powietrza wewnętrznego do temperatury komfortu cieplnego po włączeniu instalacji c.o.

Nie potwierdziły się obawy inwestorów, właścicieli budynków i specjalistów od eksploatacji, co do zbyt dużego wychłodzenia zewnętrznych przegród budowlanych. Nie występuje wychłodzenie konstrukcji poniżej temperatury punktu rosy, które mogłoby powodować wykraplanie wilgoci wewnątrz ściany.

Literatura

1. Шкаровский А.Л., Дычковска М.: Особенности программного регулирования систем отопления в зданиях с улучшенной тепловой изоляцией. Инженерные системы. С.-Петербург, № 2(18). С. 56-58, 2005.
2. Szkarowski A., Łatowski L.: Ciepłownictwo. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2006.

3. **Szkarowski A., Dyczkowska M.:** *Symulacja i badania oszczędzania energii w budynkach o podwyższonej izolacyjności cieplnej.* Zeszyty Naukowe Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Nr 23, Koszalin – Darłówko, s.267, 2007.
4. **Wiśniewski S., Wiśniewski T.:** *Wymiana ciepła.* Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2000.

Influence of Heating System Controlling on the Temperature and Humidity Conditions of the Walls

Abstract

One of the most effective, simple and low cost ways of energy saving in the house-heating is well-founded admissible lowering of temperature in heated rooms applying temporary switching off of the central heating installation. In the majority of modern heat centres application of the method is based only on exactly conducted calculations, requiring no additional equipment [1]. In buildings with temporary presence of people (majority of public usefulness buildings, schools, office buildings, etc.) this method allows to save about 20% of heat demand in the heating season [2].

A certain paradox is the fact, that so easy to introduce and effective method is still rarely applied. There are several explanations of state. First control of working time is often confused with weather control or with control according to heating curves.. However, more important cause is anxiety of experts concerning lowering of temperature of building walls and their damping as a result.

Authors want to prove, that the saving thermal energy using mentioned method does not negatively influence temperature and humidity conditions of construction of external walls. Steering of heating centre working time was applied in a building in which people are periodically present. In such case lowering of the temperature inside used rooms is fully well-founded, because it does not cause lowering of the thermal comfort, and achieved effect is the highest.

The paper presents a results of investigations performed in a thermally modernized building, in which a heating junction worktime control has been applied. The goal of this study was to substantiate the application of qualitative – quantitative regulations in highly insulated buildings. The authors have proven the effectiveness of the applied central heating controlling method in the economical aspect (fig. 1). Results show that the introduced method gives a large energy savings, in comparison to the most often used the economical setting controller.

Research and simulations of temperature fluctuations in a building wall prove that there is no risk of wall damage. The results are presented in table 1 and in figures 2 and 3 with the theoretical calculations supplement of temperature fluctuations for the standard values (table 2). The analysis proves that if there is no long-lasting decrease of temperature inside wall then there is no cool down of the structure. The temperature and humidity conditions of walls are safe for construction wall because vapour is not condensing on the wall.