

ANALIZA ZMIENNOŚCI TEMPERATUR W OBIEKCIE DOŚWIADCZALNYM EKSPLOATOWANYM Z OSŁABIENIEM NOCNYM

Małgorzata BASIŃSKA, Halina KOCZYK

Politechnika Poznańska, Instytut Inżynierii Środowiska
Piotrowo 3a, 60-965 Poznań,
e-mail: malgorzata.basinska@put.poznan.pl
halina.koczyk@put.poznan.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono analizę zmienności temperatur wewnętrznych w pomieszczeniach budynku doświadczalnego. Badano wpływ parametrów regulacji pogodowej na wybrane temperatury wewnętrzne.

W czasie 3-tygodniowego okresu pomiarowego przeanalizowano 4-warianty nastawy regulatora. Analizy prowadziły do oceny jakości regulacji i utrzymania komfortu cieplnego.

Słowa kluczowe: Fizyka budowli, regulacja pogodowa, regulacja jakościowa instalacji centralnego ogrzewania.

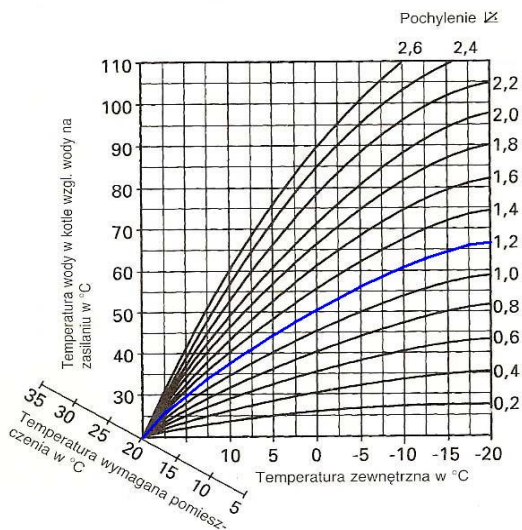
1. OPIS STANOWISKA POMIAROWEGO

Badania doświadczalne prowadzono w obiekcie doświadczalnym Politechniki Poznańskiej. Budynek wykonany jest w konstrukcji lekkiej, wolnostojący, parterowy w całości podpiwniczony. Piwnica jest konstrukcji masywnej, ze ścianami z betonu. Powierzchnia całkowita budynku wynosi 143,7 m², a kubatura 620 m³ [2]. Budynek ogrzewany jest kotłem centralnego ogrzewania firmy Viessmann wyposażonym w cyfrowy regulator Trimatik, sterowany pogodowo, przeznaczony do regulacji obiegu kotła i obiegów grzewczych [1]. Urządzenie to wyposażone jest w możliwość realizowania dwóch trybów pracy, normalnej – dziennej, a także pracy zredukowanej w porze nocnej. Praca zredukowana polega na obniżeniu wymaganej temperatury zasilania o kilka stopni w stosunku do temperatury zasilania podczas pracy dziennej.

Podczas prowadzonych pomiarów główny nacisk położono na pomiar temperatur wewnątrz pomieszczeń oraz temperatur zasilania i powrotu oraz przepływu w instalacji grzewczej. Wszystkie mierzone wielkości rejestrowano, podobnie jak w przypadku parametrów klimatycznych, za pomocą urządzenia TESTO 84 z częstotliwością 2 minut.

2. ANALIZOWANE WARIANTY

Badania instalacji c.o. zasilanej przez kocioł wyposażony w regulator pogodowy trwały od 21 lutego do 13 marca 2006 r. Poszczególne analizowane warianty różniły się nastawami pokręteł odpowiedzialnych za ustawienie krzywej grzewczej (rodzaj nastawy, poziom i pochylenie krzywej grzewczej) według interpretacji graficznej przedstawionej na rysunku (Rys.1.).



Rys. 1. Interpretacja graficzna przebiegu krzywej grzewczej.

Fig. 1. Graf interpretation for heating curve change.

Przeprowadzono analizę czterech wariantów pracy: A, B, C oraz D, według Tabeli 1, różniących się od siebie nastawami regulatora [3].

Tabela 1. Analizowane warianty pracy [3].
Table 1. Works variant [3].

parametr	Wariant				
	A	B	C	D	
praca normalna	N	N	N	N	
praca zredukowana	N	N	N	N	
poziom krzywej grzewczej	0	0	0	+33	
pochylenie krzywej grzewczej	1.2	1.4	0.8	0.2	
początek pomiarów	data	21.02.	28.02.	03.03.	08.03.
	godzina	12:00	12:00	12:00	08:00
koniec pomiarów	data	28.02.	03.03.	08.03.	13.03.
	godzina	12:00	12:00	08:00	12:00

Od przyjętej wartości nastawionej zależy temperatura zasilania, a co za tym idzie, parametry termiczne w pomieszczeniach obiektu doświadczalnego.

3. ANALIZA WARIANTU A

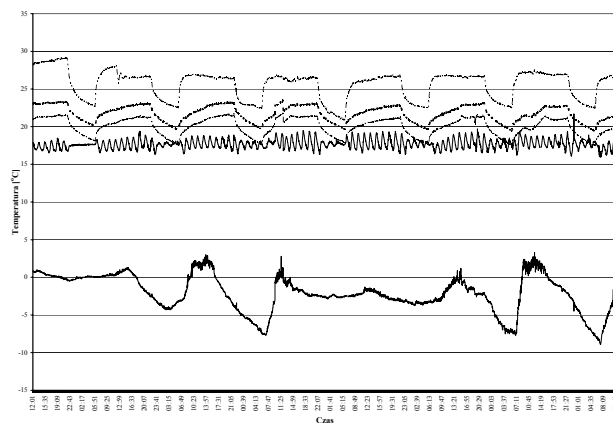
Dla poszczególnych dni wariantu A przedstawiono, dla wybranych pomieszczeń obiektu doświadczalnego, zmienność temperatur wewnętrznych, maksymalnej i minimalnej oraz amplitudy ich zmian (Tabela 2.).

Tabela 2. Temperatury powietrza w pomieszczeniach [°C] – wariant A.

Table 2. Room temperature [°C] – variant A.

Parametr	Pom1	Pom2	Pom4	Łazienka	
t_{max}	21,8	23,5	21,7	29,2	
t_{min}	17,2	19,4	16,0	20,9	
Amplituda zmian	21.02. (12h)	2,0	1,9	2,0	4,6
	22.02.	3,5	3,0	3,1	5,4
	23.02.	4,2	3,7	2,5	4,5
	24.02.	4,2	3,8	3,2	4,5
	25.02.	3,5	3,4	3,1	6,0
	26.02.	4,0	3,5	3,3	4,4
	27.02.	4,2	3,5	5,6	5,1
28.02. (12h)	2,3	2,0	2,9	4,5	
t_{sr} - zredukowana	18,9	20,8	17,7	23,3	
t_{sr} - praca normalna	20,7	22,4	17,8	26,9	

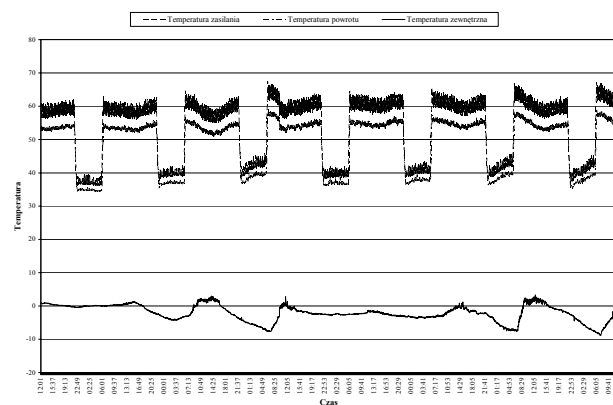
Na rysunku (Rys.2) przedstawiono zmienność temperatury wewnętrznej w okresie pomiarowym odpowiednio, w kolejności dla pomieszczeń: Łazienka, Pom2, Pom1, Pom4.



Rys. 2. Zmienność temperatur wewnętrznych w pomieszczeniach Pom1, Pom2, Pom4, Łazienka [°C] dla wariantu A w powiązaniu ze zmiennością temperatury zewnętrznej.

Fig. 2. Variation of indoor temperature in rooms: Pom1, Pom2, Pom4, Bathroom [°C] for variant A with variation of external temperature.

W pomieszczeniach mieszkalnych średnie temperatury wewnętrzne, przy pracy normalnej, kształtowały się w zakresie 20,7°C w Pom1 do 22,4°C w Pom2. Podczas pracy nocnej z obniżeniem temperatury średnie wyniosły od 18,9°C do 20,8°C. Temperatura w Łazience była za każdym razem o 3 ÷ 4°C wyższa od temperatur w pomieszczeniach mieszkalnych. Podczas ogrzewania pomieszczenie łazienki najszybciej osiągało wartość maksymalną, średnio po 4 godzinach. W pozostałych pomieszczeniach temperatura wzrastała stopniowo, osiągając swoje maksima między godziną 21, a 22. Przebieg krzywej zmienności temperatury w pomieszczeniu Pom4 różni się znacznie od pozostałych.



Rys. 3. Zmienność temperatury zasilania i powrotu oraz temperatury zewnętrznej [°C] dla wariantu A.

Fig. 3. Variation of supply and return temperature and external temperature [°C] for variant A.

Jest on wynikiem pracy grzejnika w układzie centralnego ogrzewania bez zastosowania grzejnikowego zaworu re-

gulacyjnego. Moc dostarczana przez grzejnik do pomieszczenia zależy jedynie od temperatury zasilania. Zgodnie z wykresem (Rys.3.) przedstawiającym zmienność temperatury czynnika w instalacji zauważymy różnicę pomiędzy temperaturami pracy urządzenia w trybie normalnym, a pracą w trybie zredukowanym. Średnia temperatura zasilania podczas godzin dziennych wynosiła 60,2°C, a podczas pracy osłabionej 40,6°C. Maksymalna, zanotowana temperatura na zasilaniu była na poziomie 67,5°C, a najniższa na powrocie to temperatura 34,3°C. Zauważalne na wykresie małe wahania temperatury czynnika w granicach 3 ÷ 5°C, spowodowane są pracą palnika (włącz-wyłącz).

Dla pomieszczenia **Pom1** wyznaczono zmienność temperatury na wewnętrznych powierzchniach przegród tworzących to pomieszczenie oraz wyznaczono temperaturę odczuwalną. W bilansowaniu uwzględniono zmienność temperatury wewnętrznej w pomieszczeniach sąsiednich oraz na zewnątrz budynku, nie uwzględniono, ze względu na lekką konstrukcję, akumulacyjności komponentów budowlanych. W Tabeli 3 przedstawiono wartości średniej ważonej temperatury przegród tworzących dane pomieszczenie oraz temperatury odczuwalnej w danych dniach **wariantu A**.

Tabela 3. Średnia ważona temperatura przegród wewnętrznych, temperatura odczuwalna dla wariantu A [°C].

Table 3. Mean internal wall temperature, sensible temperature for variant A.

Parametr		τ_i	t_{odcz}
wartość max		21,0	21,4
wartość min		16,5	16,8
Amplituda zmian	21.02. (12h)	1,9	2,0
	22.02.	3,2	3,4
	23.02.	3,9	4,0
	24.02.	4,2	4,2
	25.02.	3,3	3,4
	26.02.	3,8	3,9
	27.02.	4,2	4,2
	28.02. (12h)	2,3	2,3
wartość średnia – zredukowana		18,1	18,5
wartość średnia – praca normalna		19,9	20,3

Minimalna temperatura na powierzchni okna była na poziomie 8,9 °C przy średniej 11,2 °C w okresie pracy zredukowanej i 13,2 °C w okresie pracy normalnej. Zmienność temperatury odczuwalnej określonej jako średnia arytmetyczna średniej ważonej temperatury przegród oraz temperatury wewnętrznej eksploatacyjnej zawierała się w przedziale <16,8; 21,4> °C, przy średniej 18,5 °C w okresie pracy zredukowanej i 20,3 °C w okresie pracy normalnej.

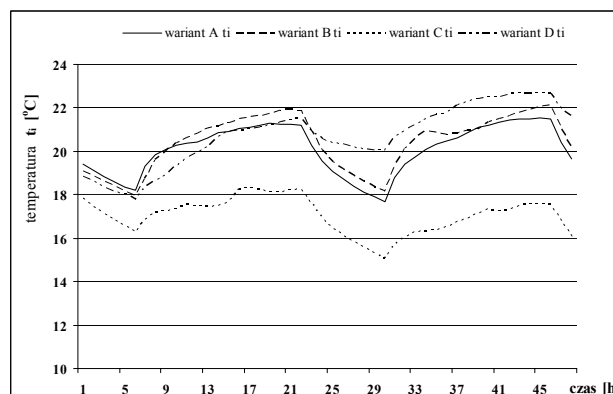
4. PORÓWNANIE POSZCZEGÓLNYCH WARIANTÓW

Do analiz porównawczych zmienności analizowanych parametrów w czasie trwania danego wariantu wyodrębniono z okresu pomiarowego takie dni w czasie, których zmienność temperatury zewnętrznej była porównywalna. Długość okresu porównawczego wynosiła 2 dni, dla których wahania temperatury zewnętrznej były pomiędzy 0°C a 2°C w czasie dnia, a -5°C w czasie nocy. W Tabeli 4 przedstawiono wybrane do analizy dni.

Tabela 4. Reprezentatywne dni
Table 4. Representative days.

Wariant	Data
A	22.02 ÷ 23.02
B	01.03 ÷ 02.03
C	04.03 ÷ 05.03
D	09.03 ÷ 10.03

Dla pomieszczenia **Pom1** znajdującego się na parterze analizowanego budynku wykonano analizę porównawczą zmienności średnio godzinowej temperatury wewnętrznej w pomieszczeniu w reprezentatywnych dniach danego wariantu.



Rys. 4. Zmienność temperatury wewnętrznej Pom1.
Fig. 4. Variation of room temperature in the Pom1.

Na wykresie widoczne są cztery poziomy temperatur w pomieszczeniu. Najniższe wartości uzyskano podczas realizacji wariantu C. Wahania temperatury wewnętrznej zanotowano pomiędzy 18,3 °C w godzinach dziennych (od 6.00 do 21.59), a 15,3 °C w godzinach nocnych przy średniej 17,2 °C w okresie dziennym oraz 16,8 °C w okresie pracy zredukowanej. Realizacja wariantu D zapewniła utrzymanie średniej godzinowej temperatury w dzień na poziomie 21°C, a w okresie pracy zredukowanej – 20,1 °C.

Pomieszczenie **Pom1** jest pomieszczeniem narożnym, dla którego powierzchnia ścian wewnętrznych równa jest

powierzchni przegród zewnętrznych. Pomieszczenie to sąsiaduje przegrodami o powierzchniach $A_{1-2} = 12,4 \text{ m}^2$; $A_{1-6} = 11,9 \text{ m}^2$; $A_{1-\text{piwnica}} = 17,6 \text{ m}^2$ z pomieszczeniami o zmiennej temperaturze wewnętrznej. W Tabeli 5 przedstawiono średnie temperatury wewnętrzne okresu dziennego oraz nocnego pomieszczeń **Pom2**, Pom6 oraz Pom01 w czasie realizacji danych wariantów.

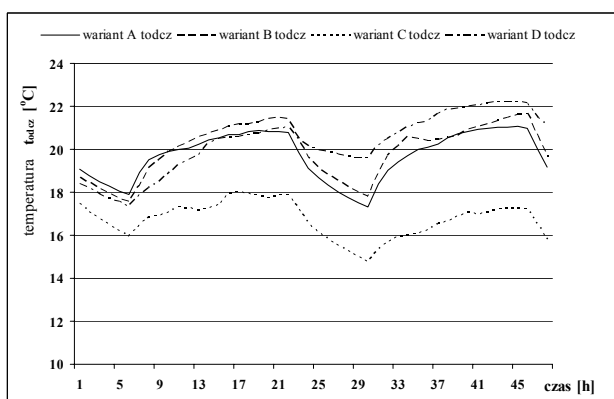
Tabela 5. Średnie temperatury wewnętrzne [°C] w okresie dziennym i nocnym w czasie realizacji danego wariantu.

Table 5. Day and night mean room temperature during time of variants.

		A	B	C	D
Pom2	Dzień	22,4	22,7	19,2	22,8
	Noc	20,8	21,2	17,9	22,0
Pom6	Dzień	21,1	21,3	18,3	21,3
	Noc	19,4	19,7	16,6	20,5
Pom01	Dzień	16,9	17,0	15,6	16,3
	Noc	16,2	16,3	15,1	16,0

Najniższe temperatury na wewnętrznych powierzchniach zanotowano w czasie trwania badań wariantu C. Zanotowano średnią temperaturę przegród na poziomie $15,5 \text{ °C}$ w okresie pracy zredukowanej oraz $17,1 \text{ °C}$ w okresie pracy dziennej. Średnia temperatura na powierzchni okna kształtowała się na poziomie $16,5 \text{ °C}$.

Na rysunku (Rys. 5) przedstawiono porównanie zmienności temperatury odczuwalnej w pomieszczeniu **Pom1** dla realizowanych wariantów.

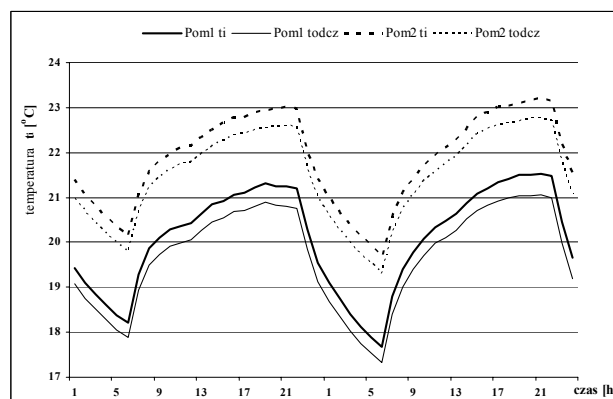


Rys. 5. Zmienność temperatury odczuwalnej w pomieszczeniu Pom1 dla analizowanych wariantów

Fig. 5. Variation of sensible temperature in the room Pom1 for all variants.

Z przedstawionego wykresu widać, że temperatura odczuwalna najlepiej była dotrzymana w czasie realizacji wariantu A. W okresie nocnym średnia jej wartość wynosiła $18,9 \text{ °C}$, w okresie dnia $20,1 \text{ °C}$ przy temperaturze maksymalnej $21,1 \text{ °C}$ i minimalnej $17,3 \text{ °C}$ w czasie 2-dniowych analiz. Przebieg krzywej charakterystyczny jest dla pracy instalacji z osłabieniem nocnym.

W celu zobrazowania zmienności temperatury odczuwalnej w różnych pomieszczeniach budynku na rysunku (Rys.6) przedstawiono porównanie pomieszczeń **Pom1** oraz **Pom2** (pomieszczenie środkowe, udział powierzchni ścian zewnętrznych do wewnętrznych - 39%).



Rys. 6. Zmienność temperatur w pomieszczeniu Pom1 oraz Pom2 dla wariantu A.

Fig. 6. Variation of temperatures in the room Pom1 and Pom2 for variant A.

Z wykresu wynika, że w czasie 2-dniowego okresu pomiarowego temperatura wewnętrzna w **Pom2** była wyższa średnio o $1,8 \text{ °C}$ niż w pomieszczeniu **Pom1**.

Pomimo wyposażenia budynku w termostaticzne zawory regulacyjne oraz zastosowania układu regulacji pogodowej występuje znaczne zróżnicowanie temperatur w poszczególnych pomieszczeniach budynku.

ANALYSIS OF TEMPERATURE VARIATION IN EXPERIMENTAL BUILDING OPERATING WITH NIGHT SETBACK

Summary: Analysis of the variation of indoor and wall temperatures in the experimental building was presented. The effect of four different settings on weather-controlled control unit was monitored. Results obtained during three week research were used to assess regulation and thermal comfort quality.

Literatura

- [1] Arndt M. „Automatyka do kotłów – Przegląd: Regulatory temperatury do współpracy z kotłami” – Polski Instalator 3/2003.
- [2] Koczyk H, Basińska M. Praca zbiorowa: „Postęp techniczny w ciepłownictwie – Dynamiczne oddziaływanie odbiorców na sieć i źródło ciepła” – Wydawnictwo, Poznań 1998.
- [3] Nowicki K.: *Analiza systemów komfortu cieplnego w budynku doświadczalnym*. Praca magisterska pod kierunkiem dr inż. M. Basińskiej. Politechnika Poznańska, 2006.