BUDOWNICTWO
CZASOPISMO TECHNICZNE
TECHNICAL TRANSACTIONS
CIVIL ENGINEERING
WYDAWNICTWO POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ
1-B/2009
ZESZYT 5
ROK 106
ISSUE 5
YEAR 106

ANNA LIS*

OCENA POZIOMU ZUŻYCIA CIEPŁA W BUDYNKACH

THE ASSESSMENT OF HEAT CONSUMPTION IN BUILDINGS

Streszczenie

Przedmiotem analizy było zużycie ciepła do ogrzewania budynków mieszkalnych, oświatowych oraz produkcyjnych. Analizę przeprowadzono pod kątem wpływu wybranych cech architektoniczno-budowlanych i materiałowo-konstrukcyjnych na kształtowanie się wartości zużycia ciepła.

Słowa kluczowe: *budynki mieszkalne, budynki oświatowe, budynki przemysłowe, cechy architektoniczno-budowlane, cechy materiałowo-konstrukcyjne, zużycie ciepła*

Abstract

The paper presents the results of the research in apartment, educational and industrial buildings. The main object of analysis was the heat consumption. The analysis was carried out to evaluate the influence of architectural, material and structural features on the value of heat consumption.

Keywords: *apartment buildings, educational buildings, industrial buildings, architectural features, constructional features, material features, structural features, heat consumption*

* Dr inż. Anna Lis, Katedra Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli, Wydział Budownictwa, Politechnika Częstochowska.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Oznaczenia

A – powierzchnia przegród chłodzących [m^2]
A_O i A_E – powierzchnia okien i powierzchnia całości elewacji [m^2]
V – kubatura ogrzewana [m^3]
A/V – moduł powierzchniowy [m^{-1}]
A_O/A_E – powierzchnia przeszklenia elewacji [%]
U_S i U_{Std} – współczynnik przenikania ciepła ściany i stropodachu [W/(m^2K)]
U_{Stp} i U_{Pg} – współczynnik przenikania ciepła stropu piwnicy i podłogi na gruncie [W/(m^2K)]
E – zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynków [kWh/(m^3rok)]
Q/V – zużycie ciepła do ogrzewania budynków [kWh/(m^3rok)]
$\bar{x}$ i H – średnia arytmetyczna i harmoniczna
s – odchylenie standardowe

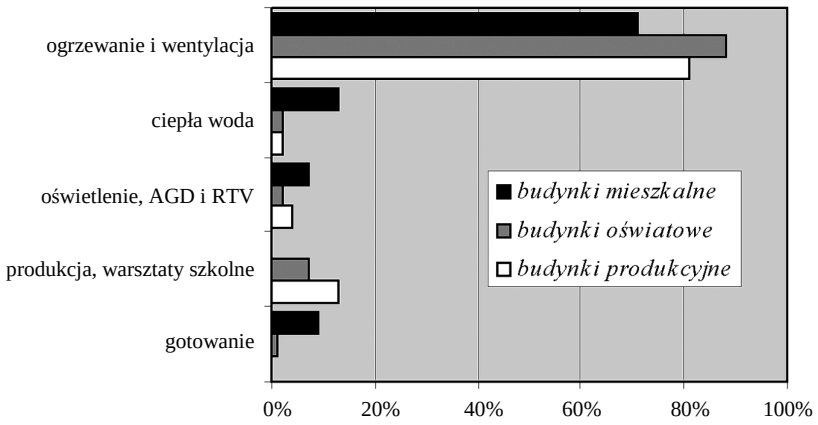
1. Wstęp

Każdy budynek ze względu na swoje przeznaczenie oraz istniejące kanony projektowe ma określone cechy charakterystyczne. Odnoszą się one do przyjętych rozwiązań architektoniczno-budowlanych oraz materiałowo-konstrukcyjnych. Cechy te decydują o charakterystyce cieplno-energetycznej danego budynku i mają bezpośredni wpływ na zużycie ciepła do jego ogrzewania. Na etapie projektowania dochodzi niekiedy do konfliktu pomiędzy realizowaniem koncepcji inwestora czy projektanta a realiami związanymi z koniecznością zwiększania potrzeb cieplnych w związku np. z wprowadzeniem znacznego rozczłonkowania bryły budynku czy nadmiernego przeszklenia. Istotne jest by już w fazie projektowania wykonać szczegółową analizę wpływu wybranych rozwiązań na wielkość zużycia ciepła i dokonać odpowiedniej korekty w sposób, który wpasuje się w koncepcję projektanta i nie spowoduje wzrostu wydatków na inwestycję.

Przyczyn wysokiego zużycia ciepła do ogrzewania budynków upatruje się głównie w:
- nadmiernych stratach ciepła przez przegrody w wyniku ich niskiej izolacyjności cieplnej, występowania mostków cieplnych oraz wad i usterek,
- nadmiernych stratach ciepła na podgrzanie powietrza wentylacyjnego w przypadku znacznej nieszczelności w stolarce okiennej lub niekontrolowanego napływu powietrza do pomieszczeń,
- niesprawnych, wadliwie działających bądź przestarzałych instalacjach grzewczych,
- braku opomiarowania zużycia ciepła,
- braku możliwości sprawnej regulacji dostarczania i przekazywania ciepła.

Analiza struktury zużycia energii w budownictwie wskazuje, że około 70% tej wartości przypada bezpośrednio na ogrzewanie pomieszczeń i podgrzewanie powietrza wymienianego w procesie wentylacji. Opracowania związane ze zużyciem ciepła do ogrzewania budynków i oszczędnością energii dotyczą w znacznej mierze budownictwa mieszkaniowego. Istotne różnice w sposobie projektowania i eksploatacji pomiędzy poszczególnymi grupami budynków (mieszkalne, oświatowe, produkcyjne) powodują, że cechuje je nieco odmienna struktura zużycia energii. Na rysunku 1 przedstawiono szacunkową strukturę zużycia energii w budynkach na podstawie danych statystycznych o rzeczywistym zużyciu energii zaczerpniętych z różnych źródeł internetowych i prasowych.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ



Rys. 1. Struktura zużycia energii w budynkach
Fig. 1. The structure of power consumption in buildings

Budynki oświatowe oraz produkcyjne charakteryzują się odmiennym kształtem bryły i rozwiązaniem układu funkcjonalnego w stosunku do budynków mieszkalnych. Mają one większą wysokość kondygnacji, wyższy procent przeszklenia elewacji oraz dużą powierzchnię przegród, przez które traci się ciepło. W budynkach oświatowych największe przeszklenie występuje zazwyczaj na elewacji południowej. W znacznej części tych budynków mamy do czynienia z czasowym użytkowaniem określonych pomieszczeń.

2. Charakterystyka analizowanych grup obiektów

Do przeprowadzenia oceny poziomu zużycia ciepła do ogrzewania wybrano budynki o zróżnicowanej kubaturze ogrzewanej, zrealizowane w różnych technologiach. Budynki te podzielono na trzy grupy:

1) budynki mieszkalne (12 obiektów),
2) budynki oświatowe (17 obiektów),
3) budynki produkcyjne (8 obiektów).

Budynki mieszkalne przyjęte do analizy to budynki wielorodzinne, zrealizowane zarówno w technologii tradycyjnej (cegła pełna, pustaki ceramiczne) oraz w technologiach uprzemysłowionych (wielki blok, W-70). W znacznej części budynków były zamontowane okna drewniane, podwójnie szklone zwykle nieszczelne, w nieznacznym procencie wymienione na plastikowe.

Przyjęte do analizy budynki oświatowe to w większości szkoły podstawowe. Do grupy włączono zespół szkół gminnych (szkoła podstawowa i gimnazjum) oraz dwa przedszkola. Wszystkie budynki to obiekty wolno stojące, zrealizowane w technologii tradycyjnej.

W grupie budynków produkcyjnych znalazły się hale, gdzie prowadzono wyłącznie działalność produkcyjną oraz dwa budynki produkcyjne z zapleczem biurowym. Budynki z tej grupy to obiekty wolno stojące, zrealizowane w technologii tradycyjnej oraz szkieletowej.

Średnią wartość kubatury oraz modułu powierzchniowego dla poszczególnych grup budynków, w których prowadzono badania przedstawiono w tabeli 1.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Tabela 1

Kubatura i moduł powierzchniowy budynków, w których prowadzono badania

	Budynki mieszkalne		Budynki oświatowe		Budynki produkcyjne	
	V	A/V	V	A/V	V	A/V
	[m^3]	[m^{-1}]	[m^3]	[m^{-1}]	[m^3]	[m^{-1}]
$\bar{x}$	5 010	–	7 055	–	8 686	–
H	–	0,44	–	0,64	–	0,47
s	2 059	0,08	2 922	0,22	2 391	0,11

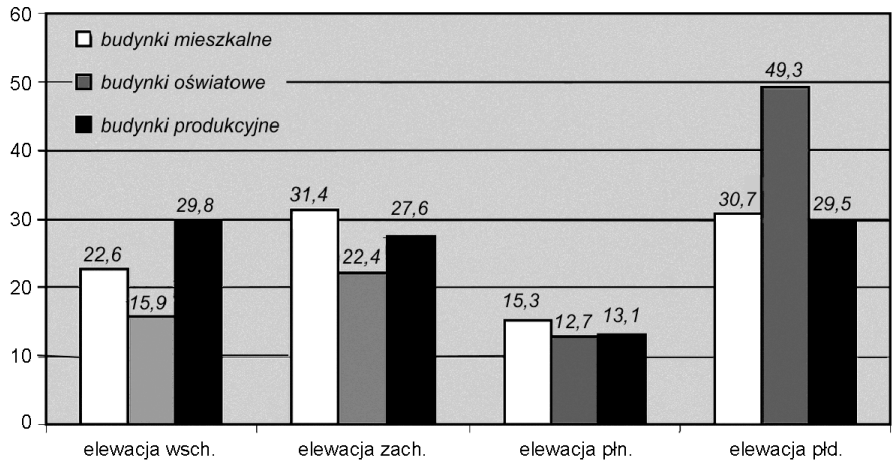
Charakterystykę przegród przezroczystych budynków, w których prowadzono badania przedstawiono w tab. 2. Największe przeszklenie znajdowało się w budynkach oświatowych, średnio wartość powierzchni okien w tej grupie budynków kształtowała się na poziomie około 450 m^2, przy odchyleniu standardowym równym 190 m^2.

Tabela 2

Charakterystyka przegród przezroczystych budynków, w których prowadzono badania

	Budynki mieszkalne		Budynki oświatowe		Budynki produkcyjne	
	A_O/A_E	A_O/V	A_O/A_E	A_O/A_E	A_O/A_S	A_O/A_E
	[%]					
$\bar{x}$	28,8	6,7	41,1	7,9	32,9	3,7
s	14,4	2,9	8,8	4,2	7,4	1,2

Prześledzono również procentowy udział powierzchni okien dla badanych grup budynków w poszczególnych elewacjach. Wyniki zaprezentowano na rys. 2.



Rys. 2. Udział powierzchni okien w poszczególnych elewacjach
Fig. 2. The participation of windows surface on individual fasades

Wyznaczono współczynniki przenikania ciepła przegród chłodzących dla analizowanych budynków. Wartości współczynników przenikania ciepła dla ścian i dla stropodachów przedstawiono w tab. 3, natomiast w tab. 4 wartości współczynników przenikania ciepła dla stropów nad piwnicami oraz dla podłóg na gruncie.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Tabela 3

Współczynniki przenikania ciepła ścian i stropodachów

	Budynki mieszkalne		Budynki oświatowe		Budynki produkcyjne	
	U_S	U_{Std}	U_S	U_{Std}	U_S	U_{Std}
	[W/(m^{2}K)]					
H	1,14	0,83	1,38	0,84	1,27	0,71
s	0,28	0,44	0,06	0,29	0,20	0,15

Tabela 4

Współczynniki przenikania ciepła stropów nad piwnicami i podłóg na gruncie

	Budynki mieszkalne		Budynki oświatowe		Budynki produkcyjne	
	U_{Stp}	U_{Pg}	U_{Stp}	U_{Pg}	U_{Stp}	U_{Pg}
	[W/(m^{2}K)]					
H	0,72	–	0,98	0,74	0,78	0,69
s	0,14	–	0,10	0,15	0,17	0,12

3. Analiza zużycia ciepła w badanych grupach obiektów

Na podstawie uzyskanych danych dotyczących zużycia ciepła lub paliwa, w przypadku niektórych budynków z kilku sezonów grzewczych, wyznaczono średnią wartość zużytego ciepła w przeliczeniu na jednostkę kubatury ogrzewanej dla poszczególnych grup badanych obiektów. Oszacowano również wartość zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania tych budynków. Wyniki przedstawiono w tab. 5.

Tabela 5

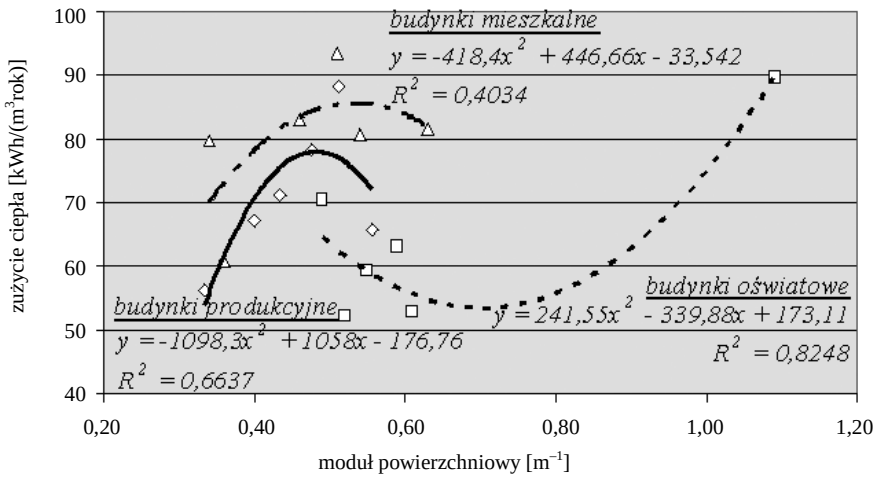
Zapotrzebowanie na ciepło i zużycie ciepła do ogrzewania budynków

	Budynki mieszkalne		Budynki oświatowe		Budynki produkcyjne	
	E	*Q/V*	*E*	*Q/V*	*E*	*Q/V*
	[kWh/(m^{3}rok)]					
H	69,6	78,6	68,8	62,4	61,7	69,8
s	27,5	10,6	23,5	13,9	24,7	11,0

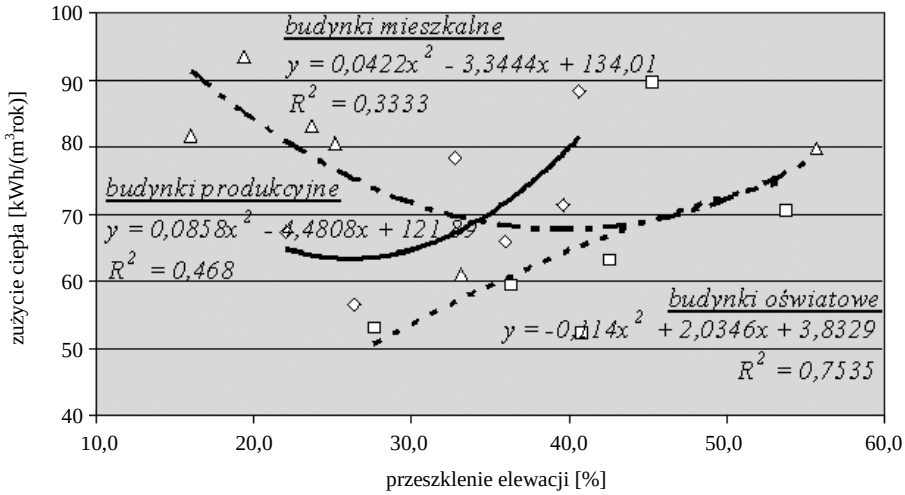
Dokonując oceny zużycia ciepła do ogrzewania, analizie poddano kształt badanych budynków, wielkość przegród przezroczystych oraz izolacyjność termiczną przegród chłodzących. Wykorzystano wybrane parametry budynków, takie jak: moduł powierzchniowy, przeszklenie elewacji, stosunek powierzchni okien do kubatury ogrzewanej oraz współczynniki przenikania ciepła. Określono zależności pomiędzy tymi parametrami a zużyciem ciepła. Współczynniki determinacji dla uzyskanych zależności przedstawiono na rys. 3–7. Wpływ modułu powierzchniowego na zużycie ciepła do ogrzewania poszczególnych grup obiektów pokazano na rys. 3.

Na rysunku 4 przedstawiono powiązanie pomiędzy przeszkleniem elewacji a zużyciem ciepła do ogrzewania pomieszczeń w badanych budynkach. Na rys. 5 zaprezentowano zależność zużycia ciepła do ogrzewania rozpatrywanych obiektów od stosunku powierzchni przegród do kubatury ogrzewanej.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

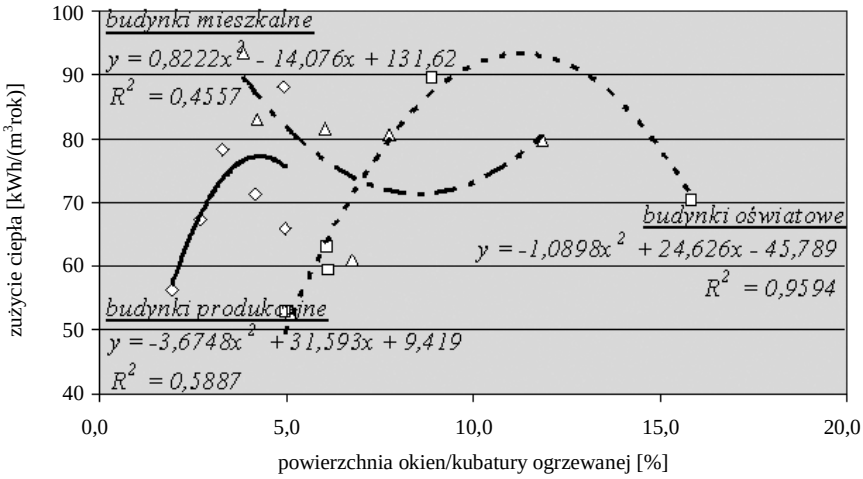


Rys. 3. Wpływ modułu powierzchniowego na zużycie ciepła do ogrzewania
Fig. 3. The influence of shape coefficient on heat consumption for the heating

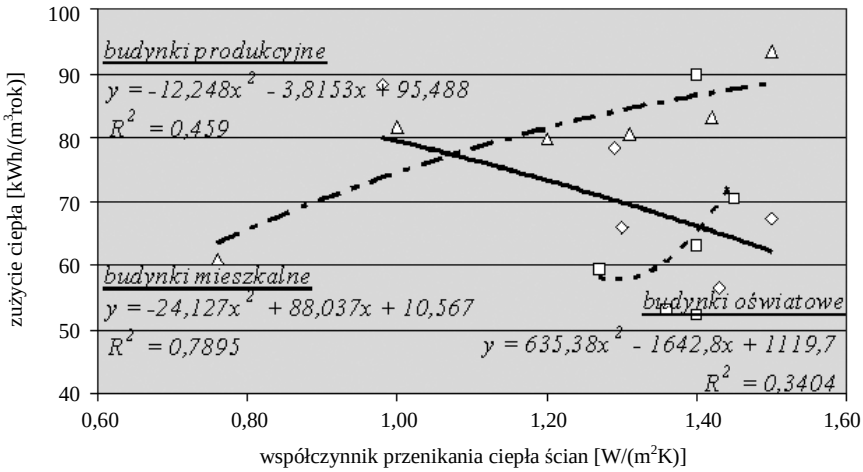


Rys. 4. Wpływ przeszklenia elewacji na zużycie ciepła do ogrzewania
Fig. 4. The influence of glass surface on heat consumption for the heating

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

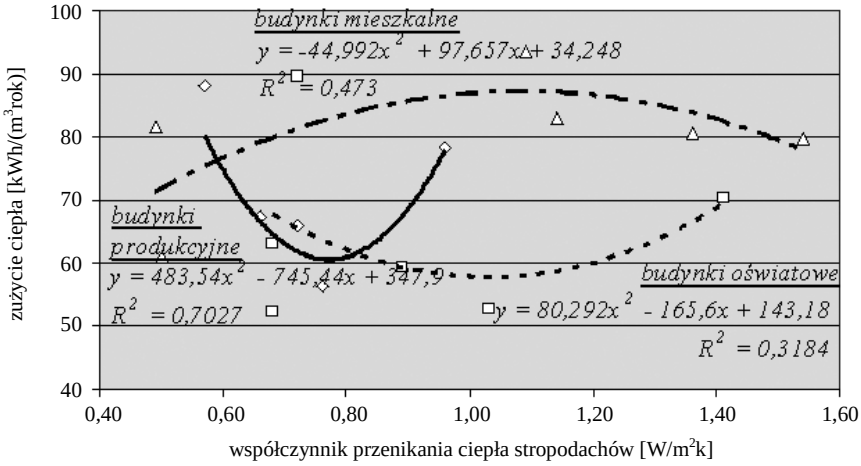


Rys. 5. Wpływ A_O/V na zużycie ciepła do ogrzewania
Fig. 5. The influence of A_O/V on heat consumption for the heating



Rys. 6. Wpływ współczynnika przenikania ciepła ścian na zużycie ciepła do ogrzewania
Fig. 6. The influence of thermal transmitance of walls on heat consumption for the heating

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ



Rys. 7. Wpływ współczynnika przenikania ciepła stropodachów na zużycie ciepła do ogrzewania
Fig. 7. The influence of thermal transmitance of roofs on heat consumption for the heating

Wpływ współczynników przenikania ciepła ścian oraz współczynników przenikania ciepła stropodachów na zużycie ciepła do ogrzewania analizowanych grup budynków przedstawiono na rys. 6 i 7. Analizie poddano również wpływ współczynników przenikania ciepła dla stropów nad piwnicą oraz dla podłóg na gruncie, jednak nie stwierdzono w tym przypadku istotnej zależności pomiędzy rozpatrywanymi parametrami.

4. Podsumowanie

Cechy architektoniczno-budowlane i materiałowo-konstrukcyjne mają istotny wpływ na zużycie ciepła do ogrzewania, różny jednak w przypadku odmiennych grup budynków.

Duże, wielokondygnacyjne budynki zużywają więcej energii cieplnej w stosunku do mniejszych, ze względu na większą kubaturę ogrzewaną. Praktycznie jednak małe budynki są mniej korzystne pod kątem energooszczędności, gdyż powierzchnia ich przegród chłodzących jest znacznie większa w stosunku do ich kubatury ogrzewanej. Ze względów energetycznych korzystna jest oczywiście większa zwartość bryły budynku.

Spośród analizowanych obiektów budynki oświatowe charakteryzowały się największą wartością powierzchni przeszklonych, co w istotny sposób wpływało na zużycie ciepła do ich ogrzewania. Przy ocenie zużycia ciepła bardziej celowe jest prześledzenie stosunku powierzchni okien do kubatury, gdyż uzyskuje się wówczas istotniejsze zależności.

Wyznaczone współczynniki przenikania ciepła znacznie przekraczają obowiązujące obecnie wartości U_{max}. Zużycie ciepła było w znacznym stopniu zdeterminowane przez współczynnik przenikania ciepła ścian dla budynków mieszkalnych, a dla przemysłowych przez współczynnik przenikania ciepła stropodachów. Współczynniki przenikania ciepła pozostałych przegród nie miały istotnego wpływu na zużycie ciepła do ogrzewania.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Literatura

[1] Lis A., *Efektywność działań energooszczędnych w projektowaniu i eksploatacji budynków*, [w:] *Tendencje rozwoju budownictwa mieszkaniowego i przemysłowego*, tom 1, pod red., T. Bobko, M. Rajczyk, J. Rajczyk, Częstochowa 2006, 181-192.
[2] Lis A., Lis P., *Reduction of energy consumption used to heat selected housing units groups*, Sbornik naučnyh trudov., MIKHiS, Moskva 2007, 218-223.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ