

O PRAWNYCH ASPEKTACH WEWNĘTRZNEJ POJEMNOŚCI CIEPLNEJ BUDYNKÓW MIESZKALNYCH

H. Jędrzejuk

Instytut Techniki Ciepłej, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa, Politechnika Warszawska, Polska

STRESZCZENIE

Analiza niekonwencjonalnych sposobów pozyskania energii promieniowania słonecznego wymaga przeprowadzenia, co najmniej uproszczonej symulacji i dlatego ważne jest określenie właściwości dynamicznych budynków. Stosowana powszechnie metoda bilansów miesięcznych nie pozwala na uzyskanie wiarygodnych wyników. W artykule porównano wskaźniki wewnętrznej pojemności cieplnej wybranych wolnostojących budynków jednorodzinnych.

WSTĘP

W warunkach klimatycznych Polski znaczne koszty związane z eksploatacją budynków mieszkalnych – głównie ogrzewania, są istotnym czynnikiem wpływającym na wybór rozwiązań konstrukcyjnych oraz wewnętrznych systemów wytwarzania, dystrybucji i rozpraszania ciepła. Coraz częściej proponowane są projekty uwzględniające możliwość pozyskania w sposób pasywny energii promieniowania słonecznego. Efektywność takich systemów jest uzależniona jest od rzeczywistej, w danej lokalizacji, dostępności promieniowania słonecznego. Ponadto ich działanie jest zmienne – dynamiczne. Dlatego sporym wyzwaniem jest odzwierciedlenie wpływu niekonwencjonalnych rozwiązań konstrukcyjnych na charakterystykę energetyczną budynku w rozumieniu obowiązującego jeszcze Rozporządzenia Ministra Infrastruktury „w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej”. Jest tak dlatego, iż we wspomnianym Rozporządzeniu (Dz.U. 2008, nr 201 poz.1240) do analizy zapotrzebowania na energię użyteczną do ogrzewania wybrano metodę bilansów miesięcznych. W przypadku „budynków istniejących nie poddanych termomodernizacji, których średni współczynnik przenikania ciepła obudowy budynku jest większy od $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ oraz posiadających wentylację grawitacyjną” dopuszczono do stosowania metodę bilansów rocznych. W rezultacie efektywność pasywnych systemów pozyskiwania promieniowania słonecznego jest zaniżana (Chwieduk, 2006).

Zastanawiające jest to, że zapisy Rozporządzenia (Dz.U. 2008, nr 201 poz.1240) wymagają, aby zostały przeprowadzone szczegółowe obliczenia wstępne,

które z powodzeniem mogą zostać wykorzystane w najprostszych metodach symulacji godzinowej, np. 5R1C (PN-EN ISO 13790:2009) lub 6R1C (Narowski P., 2009). Ponadto na stronie internetowej Ministerstwa Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej udostępniono wystarczające do przeprowadzenia symulacji dane godzinowe opracowane w ramach typowych lat meteorologicznych dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków.

SKRÓCONY OPIS METODY WYZNACZANIA ZAPOTRZEBOWANIA NA CIEPŁO UŻYTECZNE DO OGRZEWANIA

Obliczenia wstępne (Dz.U. 2008, nr 201 poz.1240) obejmują: wyznaczenie współczynników przenoszenia ciepła przez przenikanie wszystkich przegród (PN-EN ISO 6946:2008), a następnie współczynników strat ciepła przez przenikanie (a właściwie współczynników przenoszenia ciepła przez przenikanie, PN-EN ISO 13789: 2008), określenie współczynnika strat ciepła przez wentylację (współczynnika przenoszenia ciepła przez wentylację, wg PN-EN ISO 13789: 2008). Wyznaczane są również wewnętrzne zyski ciepła oraz zyski ciepła od promieniowania słonecznego.

Dynamika procesów wymiany ciepła w budynku uwzględniania jest w Rozporządzeniu poprzez współczynnik efektywności wykorzystania zysków (ciepła) w trybie ogrzewania, do wyznaczenia którego niezbędna jest znajomość m.in. wewnętrznej pojemności cieplnej. W Rozporządzeniu zacytowano prawie całkowicie metodę zapisaną w normie PN-EN ISO 13786: 2008. Różnice są jednak istotne, np. w Rozporządzeniu (Dz.U. 2008, nr 201 poz.1240) narzucona jest grubość 10cm warstw przegród, podczas gdy w normie podano dodatkowe ograniczenie w przypadku materiałów izolacyjnych (tj. o małej pojemności cieplnej).

Warto zwrócić uwagę na uproszczoną metodę opisu pojemności wewnętrznej budynku, zapisaną w PN-EN ISO 13790:2009, gdzie uzależniono wewnętrzną pojemność cieplną od pola powierzchni przestrzeni o regulowanej temperaturze. Odpowiednie dane zaczerpnięte z tej normy podano w tabeli 1, chociaż należy zaznaczyć, że są to dane reprezentatywne dla krajów Europy Zachodniej, które można stosować w przypadku braku danych krajowych.

Trochę inną klasyfikację zaproponował Laskowski (2008), który przedstawił klasyfikację obudowy pomieszczeń według różnych kryteriów jej masywności. W przypadku użytecznej pojemności cieplnej obudowy zewnętrznej odniesionej do pola powierzchni podłogi obudowa lekka charakteryzuje się wskaźnikiem poniżej $50 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K})$, obudowa średnio masywna od 50 do $130 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K})$, natomiast w przypadku obudowy masywnej wartość tego wskaźnika wynosi powyżej $150 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K})$.

Tab.1. Klasy pojemności cieplnej budynków (wg PN-EN ISO 13790:2009)

Klasa pojemności cieplnej	Wewnętrzna pojemność cieplna, [J/K]
Bardzo lekka	$80\,000 \times A_f$
Lekka	$110\,000 \times A_f$
Średnia	$165\,000 \times A_f$

Ciężka	$260\,000 \times A_f$
Bardzo ciężka	$370\,000 \times A_f$
A_f – pole powierzchni (użytkowej) przestrzeni o regulowanej temperaturze, m^2	

PORÓWNANIE WEWNĘTRZNEJ POJEMNOŚCI CIEPLNEJ WYBRANYCH BUDYNKÓW

Na podstawie wybranych dziewięciu wolnostojących budynków jednorodzinnych porównano wartości wewnętrznej pojemności cieplnej (Bagiński, 2010, Bartosiewicz, 2010, Gębała, 2012, Kapłan, 2010, Kołodziejcki, 2011, Niewinowski, 2011, Szlachta, 2010, Tyszka, 2011, Zraziński, 2010). Podstawowe dane dotyczące budynków zawarto w tabelach: 2, 3, 4.

Tab.2. Podstawowe dane konstrukcyjne wybranych budynków

Lp.	Rok budowy	Rodzaj konstrukcji ścian	Rodzaj konstrukcji stropów
1	1958, modernizacja: 2000	Mur z cegły ceramicznej pełnej, częściowo z bloczków gazobetonowych	Strop Kleina,
2	1978	Mur trójwarstwowy z bloczków z betonu komórkowego oraz ściana licowa cegły dziurawki	Strop z płyty kanałowej żerańskiej
3	1986	Mur trójwarstwowy z cegły dziurawki z niewentylowaną warstwą powietrza	Płyta żelbetowa wylewana
4	1999	Mur z pustaków MAX oraz ściana licowa z cegły kratówki	Strop gęstożebrowy FERT
5	2000	Mur z pustaków U220	Strop gęstożebrowy Teriva
6	2009	Mur z bloczków z betonu komórkowego	Strop gęstożebrowy Teriva
7	2010	Mur z bloczków z betonu komórkowego	Płyta żelbetowa wylewana
8	2010	Mur z bloczków Ytong	Strop gęstożebrowy Teriva
9	2010	Mur z bloczków z betonu komórkowego	Płyta żelbetowa wylewana

Tab.3. Podstawowe dane powierzchniowe i kubaturowe

Lp.	Pole pow. o regulowanej temp. [m^2]	Pole pow. obudowy zewnętrznej, [m^2]	Kubatura netto, [m^3]	Kubatura części ogrzewanej wg wymiarów zewnętrznych, [m^3]	Współczynnik kształtu wg Rozporządzenia (Dz.U. 2008 nr 201 poz. 1238), [m^{-1}]
1	173,30	535,50	419,00	670,52	0,80
2	165,81	462,83	421,00	634,01	0,73
3	179,32	490,28	519,05	611,97	0,81
4	211,45	477,47	528,13	540,00	0,88
5	211,28	523,14	643,31	686,60	0,81
6	162,80	338,62	312,49	480,50	0,70
7	157,56	485,55	364,57	414,28	0,88
8	240,89	532,36	563,38	969,58	0,55
9	169,03	423,15	389,00	534,16	0,79

Tab.4. Wybrane parametry cieplne budynków

Lp.	Współczynnik przenoszenia ciepła przez przenikanie, [W/K]	Współczynnik przenoszenia ciepła przez wentylację, [W/K]	Wewnętrzna pojemność cieplna budynku, [J/K]	Wewnętrzna pojemność cieplna budynku, [Wh/K]	Zapotrzebowanie na energię użyteczną do ogrzewania, [kWh/s.o.]
1	259,3	109,7	75 747 403	21 040,9	26 549,5
2	173,4	84,8	88 500 000	33 322,7	19 757,9
3	551,8	175,8	119 961 647	33 322,7	50 649,94
4	263,3	99,3	84 647 441	23 513,2	26 126,9
5	474,8	99,5	58 681 083	16 300,3	43 365,8
6	158,0	88,3	61 632 819	17 120,2	14 425,0
7	193,9	89,3	108 257 777	30 071,6	18 904,5
8	237,1	122,6	73 916 000	20 532,2	24 279,0
9	177,3	85,7	51 089 648	14 191,6	16 355,4

Na podstawie zamieszczonych powyżej danych wyznaczono wartości wskaźnikowe i porównani je

z podanymi wcześniej. Wyniki zamieszczono w tabeli 5.

Tab. 5. Klasyfikacja wybranych budynków pod względem wewnętrznej pojemności cieplnej

Lp.	Wewnętrzna pojemność cieplna budynku [J/(m ² K)]	Klasa budynku wg PN-EN ISO 13790:2009	Wewnętrzna pojemność cieplna budynku [kWh/(m ² K)]	Klasa budynku wg Laskowskiego (2008)
1	437 088,30	bardzo ciężka	121,4	średnio masywna
	533 743,44	bardzo ciężka	148,3	średnio masywna
2	668 980,86	bardzo ciężka	185,8	masywna
3	400 318,95	bardzo ciężka	111,2	średnio masywna
4	277 740,83	ciężka	77,2	średnio masywna
5	378 579,97	bardzo ciężka	105,2	średnio masywna
6	687 089,22	bardzo ciężka	190,9	masywna
7	306 845,45	ciężka / bardzo ciężka	85,2	średnio masywna
8	302 251,96	ciężka / bardzo ciężka	84,0	średnio masywna

PODSUMOWANIE

Analizowane w artykule budynki wznoszono w technologii tradycyjnej do okresu ich powstania. Wszystkie budynki należą do grupy średnio masywnych lub masywnych.

Zaproponowana w Rozporządzeniu (Dz.U. 2008, nr 201 poz.1240) metoda wymaga przeprowadzenia obliczeń wstępnych, wystarczających do analizy symulacyjnej metodami uproszczonymi systemów wykorzystujących energię promieniowania słonecznego oraz inne niekonwencjonalne sposoby ograniczenia zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania, a ponieważ działanie niekonwencjonalnych systemów wspomagających konwencjonalne ogrzewania i przygotowanie c.w.u. jest dynamiczne, to istotne jest dopuszczenie uznanych metod symulacyjnych do analizy energetycznej budynków.

Artykuł ten częściowo sfinansowano z projektu badawczego nr 3989/B/T02/2008/35 „Wielokryterialna optymalizacja budynków mieszkalnych z uwzględ-

nieniem kryteriów: ekonomicznych, ochrony środowiska oraz komfortu w okresie całego roku”.

LITERATURA CYTOWANA

- Bagiński, P., 2010, *Obliczenia charakterystyki energetycznej budynku jednorodzinnego*, Praca dyplomowa, Studia Podyplomowe, ITC PW, p.43
- Bartosiewicz, J., 2010, *Obliczenia charakterystyki energetycznej budynku i świadectwo charakterystyki energetycznej budynku mieszkalnego, jednorodzinnego*, Praca dyplomowa, Studia Podyplomowe, ITC PW, p.36
- Chwieduk, D., 2006, *Modelowanie i analiza pozyskiwania oraz konwersji termicznej energii promieniowania słonecznego w budynku*, Prace IPPT, Warszawa, p.262
- Kaplan E., 2010, *Certyfikacja energetyczna budynku mieszkalnego jednorodzinnego zlokalizowanego w I*

- strefie klimatycznej*, Praca dyplomowa, Studia Podyplomowe, ITC PW, p.59
- Kołodziejcki R., 2011, *Wykonanie „Świadectwa Charakterystyki Energetycznej” budynku jednorodzinne w Łodzi*, Praca dyplomowa, Studia Podyplomowe, ITC PW, p.42
- Laskowski L., 2008, *Ochrona cieplna i charakterystyka energetyczna budynku*, OWPW, Warszawa, p.173
- Narowski P., Sowa J., Mijakowski M., 2009, *Godzinowy model 6RIC dynamiki cieplnej budynku*, Fizyka Budowli w Teorii i Praktyce, tom IV, Katedra Fizyki Budowli i Materiałów Budowlanych, Politechnika Łódzka, Łódź, 2009
- Niewinowski W., 2011, *Świadectwo charakterystyki energetycznej budynku mieszkalnego jednorodzinne*, Praca dyplomowa, Studia Podyplomowe, ITC PW, p.44
- PN-EN ISO 6946: 2008, *Komponenty budowlane i elementy budynku -- Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła -- Metoda obliczania*
- PN-EN ISO 13786: 2008, *Cieplne właściwości użytkowe komponentów budowlanych -- Dynamiczne charakterystyki cieplne -- Metody obliczania*
- PN-EN ISO 13789: 2008, *Cieplne właściwości użytkowe budynków -- Współczynniki przenoszenia ciepła przez przenikanie i wentylację -- Metoda obliczania*
- PN-EN ISO 13790: 2009, *Energetyczne właściwości użytkowe budynków -- Obliczanie zużycia energii na potrzeby ogrzewania i chłodzenia*
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, *jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* (Dz.U. 2002, nr 75 poz.690 z późniejszymi zmianami)
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, *jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* (Dz.U. 2008 nr 201 poz. 1238)
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. w sprawie *metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej* (Dz.U. 2008, nr 201 poz.1240)
- Szlachta M., 2010, *Obliczenia charakterystyki energetycznej i świadectwo energetyczne budynku jednorodzinne*, Praca dyplomowa, Studia Podyplomowe, ITC PW, p.58
- Typowe lata meteorologiczne i statystyczne dane klimatyczne dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków (Ministerstwo Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej: www.transport.gov.pl)
- Tyszka Z., 2012, *Wykonanie świadectwa charakterystyki energetycznej budynku jednorodzinne*, Praca dyplomowa, Studia Podyplomowe, ITC PW, p.31
- Zraziński G., 2010, *Świadectwo charakterystyki energetycznej budynku mieszkalnego zlokalizowanego w Wierzbicy (pow. Radomski)*, Praca dyplomowa, Studia Podyplomowe, ITC PW, p.47