

WSKAŹNIK WŁAŚCIWOŚCI OBUDOWY BUDYNKU JAKO KRYTERIUM WYMAGAŃ OCHRONY CIEPLNEJ

Adam ŚWIĘCICKI*

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok

Streszczenie: Artykuł przedstawia propozycję definicji wymagań ochrony cieplnej budynków z użyciem zintegrowanego wskaźnika właściwości cieplnych obudowy. Jako kryterium oceny proponuje się zastosowanie uśrednionej wartości współczynnika przenikania ciepła granicy obliczeniowej strefy ogrzewanej budynku, której wartość graniczną uzależniono od założonego, docelowego poziomu zapotrzebowania na energię oraz klimatyczno-użytkowych czynników warunkujących zużycie ciepła do celów grzewczych i wentylacyjnych. W artykule przedstawiono również wyniki oceny grupy pięciu budynków testowych, których izolacyjność cieplną obudowy dobrano z wykorzystaniem omawianej metody.

Słowa kluczowe: ochrona cieplna budynków, izolacyjności cieplna budynków, reglamentacja zużycia energii w budynkach.

1. Wprowadzenie

Przyjęcie Polski do Unii Europejskiej w 2004 roku było uwieńczeniem długoletnich starań naszego kraju o formalne dołączenie do krystalizującej się „nowej” Wspólnoty Europejskiej. Ratyfikacja dokumentów akcesyjnych przez Polskę oznaczała między innymi przyjęcie zobowiązania do przestrzegania wszelkich zasad jakim podlegają państwa członkowskie, w tym w zakresie prawa budowlanego. Pierwszym krokiem było przyjęcie w 1994 ustawy *Prawo Budowlane* (Dz. U. z 1994 r. Nr 89 poz. 414, z późn. zm.). Zgodnie z ogólnoświatowym kierunkiem optymalizacji zarządzania energią i jej źródłami, silnie promowanym również i w UE, w art. 5 ustawy znalazł się zapis nakładający obowiązek zapewnienia oszczędności energii i odpowiedniej izolacyjności cieplnej przegród. W ślad za ustawą wydano w 1997 roku rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 30 września 1997 roku zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 1997 r. Nr 132 poz. 878) oraz szereg norm, w tym z zakresu ochrony cieplnej budynków. Było to przełomowe posunięcie w historii polskich regulacji prawnych z zakresu racjonalizacji użytkowania energią, które wprowadziło nową formułę definiowania przepisów ochrony cieplnej – reglamentację zużycia energii na cele ogrzewcze. Za ustanowieniem przepisów nie poszła jednak egzekucja nowego prawa. Monitoring przestrzegania przepisów ochrony cieplnej w budownictwie mieszkaniowym prowadzony pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. J. A. Pogorzelskiego

w okresie pierwszej dekady obowiązywania nowych przepisów na terenie Polski północno-wschodniej (Pogorzelski, 2007), wykazał nagminne łamanie art. 5 *Prawa budowlanego*. Ze skontrolowanych projektów przedłożonych do uzyskania pozwolenia na budowę, jedynie niewielki procent spełniał obowiązujące wymagania ochrony cieplnej. Sprawdzeniu podlegała zgodność z regulacjami z ocenianego okresu ocenie, czyli przepisów zawartych w Warunkach technicznych z 1997 r. (Dz. U. z 1997 r. Nr 132 poz. 878) oraz ich nowelizacji z 2002 roku (Dz. U. z 2002 r. Nr 75 poz. 690). W przypadku wielorodzinnych budynków mieszkalnych i budynków zamieszkania zbiorowego obligatoryjne było wówczas spełnienie warunku:

$$E \leq E_0 \quad (1)$$

gdzie: E jest wskaźnikiem sezonowego zapotrzebowania na ciepło w kWh/(m³·rok), E_0 jest graniczną wartością wskaźnika sezonowego zapotrzebowania na ciepło w kWh/(m³·rok).

Gdy budynki mieszkalne w zabudowie jednorodzinnej poddane były alternatywnej formule wymagań, czyli warunek (1) lub:

$$U_k \leq U_{k \max} \quad (2)$$

a dla przegród stykających się z gruntem:

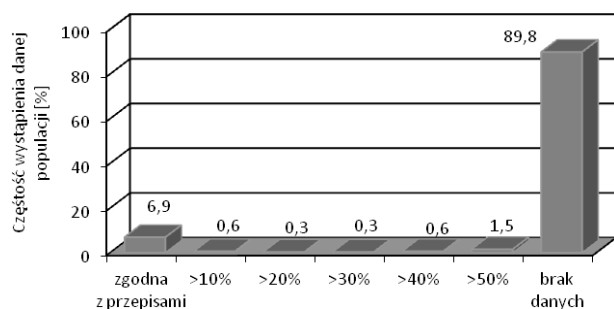
$$R_T \geq R_{\min} \quad (3)$$

gdzie: U_k jest współczynnikiem przenikania ciepła przegrody z uwzględnieniem mostków cieplnych

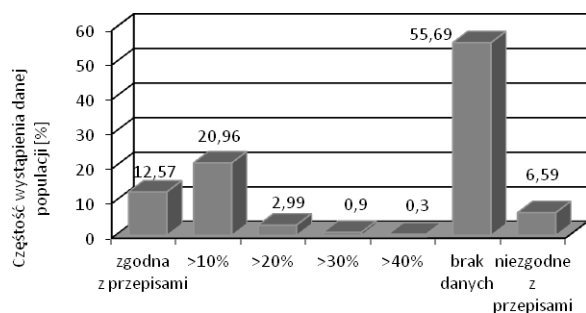
* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: a.swiecicki@pb.edu.pl

w $W/(m^2 \cdot K)$, U_{kmax} jest graniczną wartością współczynnika przenikania ciepła w $W/(m^2 \cdot K)$, R_T jest całkowitym oporem cieplnym przegrody w $(m^2 \cdot K)/W$, R_{min} jest wymaganym minimalnym oporem cieplnym przegrody w $(m^2 \cdot K)/W$.

Odsetek budynków wielorodzinnych, które w przeanalizowanej dokumentacji projektowej legitymowały się spełnieniem wymagań ochrony cieplnej wyniósł niecałe 7% (rys. 1), a dla grupy budynków jednorodzinnych około 13% (rys. 2). Należy przy tym zaznaczyć, że w przypadku budownictwa jednorodzinnego 45% projektów zawierało dane umożliwiające jakąkolwiek ocenę budynku, a przy zabudowie wielorodzinnej odsetek ten wyniósł jedynie 10%. Bez komentarza pozostawia się kwestię egzekucji zapisów ustawy *Prawo budowlane* i właściwych przepisów wykonawczych na etapie wydawania pozwoleń na budowę. Zaistniała dysproporcję na korzyść domów jednorodzinnych można tłumaczyć możliwością zadośćuczynienia przepisom, wykazując jedynie właściwy poziom izolacyjności cieplnej przegród określonych warunkami (2) i (3). Dla tego typu budynków, w zdecydowanej większości skontrolowanych projektów wybierano tę właśnie drogę weryfikacji, co zapewne wynika z jej prostoty i małej pracochłonności. Ocena zapotrzebowania na energię jest natomiast o wiele bardziej skomplikowanym i czasochłonnym procesem wymagającym dogłębnej analizy bilansu energetycznego budynku i uwzględnienia wpływu jego bezpośredniego otoczenia.



Rys. 1 Spełnianie wymagań w zakresie wskaźnika E – wielorodzinne budynki mieszkalne (Pogorzelski, 2007)



Rys. 2 Spełnianie wymagań w zakresie współczynnika U – jednorodzinne budynki mieszkalne (Pogorzelski, 2007)

Od momentu zaistnienia w polskich przepisach budowlanych formuły charakterystyki energetycznej

budynku przepisy ochrony cieplnej przeszły kilka znaczących nowelizacji. W ich obecnej postaci (Dz. U. z 2013 r. poz. 926) obowiązuje wymóg sprawdzania izolacyjności cieplnej przegród zgodnie z kryterium:

$$U_c \leq U_{c(max)} \quad (4)$$

gdzie: U_c jest współczynnikiem przenikania ciepła przegrody z uwzględnieniem ewentualnych poprawek ΔU , w $W/(m^2 \cdot K)$, a $U_{c(max)}$ jest graniczną wartością współczynnika przenikania ciepła w $W/(m^2 \cdot K)$.

Obligatoryjne wypełnienie kryterium energooszczędności definiowanego w postaci:

$$EP \leq EP_{dop} \quad (5)$$

gdzie: EP jest wskaźnikiem rocznego obliczeniowego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną w $kWh/(m^2 \cdot rok)$, a EP_{dop} jest graniczną wartością obliczeniowego wskaźnika rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną w $kWh/(m^2 \cdot rok)$.

Wartości graniczne $U_{c(max)}$ oraz EP_{dop} (obliczane dla występujących w budynku kierunków rozbioru energii, to jest ogrzewania i wentylacji, ciepłej wody użytkowej, chłodzenia lub wbudowanego oświetlenia) określa rozporządzenie w sprawie warunków technicznych z uwzględnieniem ich perspektywicznego zaostrożania w latach 2017 oraz 2021 (Dz. U. z 2013 r. poz. 926).

W dalszej części przedstawiono koncepcję definiowania wymagań ochrony cieplnej będącą niejako kompilacją metod weryfikacji parametrów cieplnych przegród oraz jakości energetycznej budynku. Jako kryterium oceny zaproponowano przyjęcie zintegrowanego wskaźnika właściwości obudowy strefy ogrzewanej budynku, którego wartość graniczną, gwarantującą uzyskanie założonego poziomu zapotrzebowania na energię, uzależniono od czynników determinujących zużycie energii w sezonie grzewczym. Na przykładzie pięciu budynków przedstawiono wyniki testów poprawności oceny według proponowanego warunku, przy założeniu różnych kombinacji lokalizacji i wentylacji budynku.

2. Propozycja kryterium oceny z użyciem wskaźnika właściwości obudowy U_{sr}

W ramach aktualnej wersji rozporządzenia w sprawie WT (Dz. U. z 2013 r. poz. 926) równolegle funkcjonują dwa kryteria ochrony cieplnej:

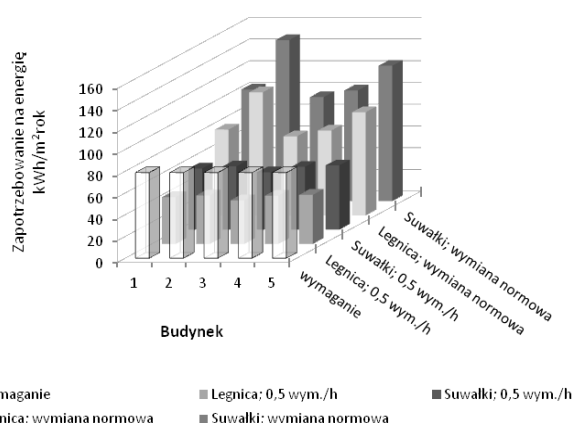
- izolacyjności termicznej poszczególnych typów przegród,
- zużycia nieodnawialnej energii pierwotnej.

Dualizm wymagań, obecnie rozszerzony na wszystkie typy budynków, nie daje już możliwości wyboru dogodniejszego wariantu. Problem polega jednak na braku korelacji pomiędzy jakością energetyczną budynku wyznaczaną obiema formułami. Może to prowadzić do sytuacji, w której ten sam budynek spełnia wszystkie kryteria izolacyjności termicznej przegród przekraczając jednocześnie wymaganie jednostkowego zapotrzebowania

na energię pierwotną. Ilustrują to wyniki porównania jednostkowego zapotrzebowania na energię pierwotną budynków testowych (rys. 3) o założonej izolacyjności cieplnej przegród równej wymaganiom (Dz. U. z 2013 r. poz. 926), z wartością graniczną EP_H . Wymaganie energooszczędności uwzględnia obecnie potrzeby ogrzewcze i ciepłej wody użytkowej EP_{H+W} . Można jednak, przy pewnych założeniach względem systemu c.w.u., dość prosto wyodrębnić składową odpowiedzialną jedynie za potrzeby ogrzewcze EP_H :

$$EP_H = EP_{H+W} - EP_W \quad (6)$$

gdzie: EP_W jest wskaźnikiem rocznego obliczeniowego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną na potrzeby ciepłej wody użytkowej w kWh/(m²·rok), EP_H jest wskaźnikiem rocznego obliczeniowego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną na potrzeby ciepłej ogrzewania i wentylacji w kWh/(m²·rok), a EP_{H+W} jest wskaźnikiem rocznego obliczeniowego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną na potrzeby ogrzewania, wentylacji i ciepłej wody użytkowej w kWh/(m²·rok).



Rys. 3 Relacja pomiędzy wymaganą izolacyjnością cieplną przegród a uzyskiwanym $EP_H = EU_H$ ($EP_H / EP_{H+W} = 0,75$, $w_H / \eta_{H,tot} = 1,0$)

Człon uwzględniający udział ciepłej wody w dopuszczalnej wartości EP_{H+W} można w przybliżeniu określić, bazując na metodologii sporządzania świadectw charakterystyki energetycznej zgodnie z rozporządzeniem Ministra Infrastruktury i Rozwoju w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej (Dz. U. z 2015 r. poz. 376), z zależności:

$$EP_W = \frac{Q_{W,nd} \cdot w_w}{\eta_{W,tot} \cdot A_f} + \frac{E_{el,pomW} \cdot w_{el}}{A_f} \quad (7)$$

gdzie: $Q_{W,nd}$ jest obliczeniowym zapotrzebowaniem na nieodnawialną energię pierwotną na potrzeby ciepłej wody użytkowej w kWh/(m²·rok), $E_{el,pom.W}$ jest rocznym zapotrzebowaniem na energię pomocniczą końcową dostarczaną do budynku lub jego części dla systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej, w kWh/(m²·rok), A_f jest powierzchnią o regulowanej temperaturze w m²,

$\eta_{w,tot}$ jest całkowitą sprawnością systemu ciepłej wody użytkowej, w_H i w_w są współczynnikami nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej odpowiednio dla ogrzewania i c.w.u.

Przy $EP_W = EU_W$, czyli na przykład pominięciu energii pomocniczej, przyjęciu sprawności systemu ciepłej wody użytkowej $\eta_{w,tot} = 1,00$ oraz współczynnika nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej $w_w = 1,00$, dodatek na c.w.u. w wartości granicznej EP wynosi 24,4696 kWh/m²·rok. Stanowi on zatem około 25% udziału w wymaganiu wynoszącym 105 kWh/m²·rok (Dz. U. z 2013 r. poz. 926) sprowadzając tym samym EP_H do poziomu 78,75 kWh/m²·rok. Wartość ta jest również reprezentatywna, na przykład dla częstego przypadku zasilania budynków wielorodzinnych w ciepło sieciowe z kogeneracji przy wykorzystaniu węgla kamiennego lub gazu ($w_w = 0,80$) i przy sprawności systemu c.w.u. na poziomie 80%.

Zaprezentowana na rysunku 3 symulacja obnaża podstawową niedogodność metody regulacji parametrów cieplnych przegród, którą jest brak jakiegokolwiek przewidywalnej kontroli nad wynikowym zapotrzebowaniem budynku na energię. Obliczenia przeprowadzono dla lokalizacji budynków testowych w II (Legnica) i V (Suwałki) strefie temperaturowej według PN-EN 12831:2006 *Instalacje ogrzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego* przy dwóch wariantach obliczeniowych strumienia powietrza wentylacyjnego:

- równego połowie kubatury ogrzewanej (0,5 wym./h),
- określonego zgodnie z wytycznymi PN-83/B-03430/Az3:2000 *Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej – Wymagania* odnośnie wymaganego strumienia wentylacyjnego w systemach wentylacji grawitacyjnej.

Analiza przyczyn nagminnego ignorowania przepisów ochrony cieplnej, jak również wykazany brak spójności obowiązujących formuł wymagań, skłoniły autora do zastanowienia się nad możliwością zastosowania innego rozwiązania. Wykorzystano do tego celu obowiązującą metodologię obliczeń zapotrzebowania na energię cieplną według PN-EN ISO 13790:2009 *Ciepne właściwości użytkowe budynków. Obliczanie zużycia energii do ogrzewania*. Zaproponowano metodę oceny budynków w oparciu o wartość średnią ważoną współczynników przenikania ciepła obudowy strefy ogrzewanej, gdzie wagą jest powierzchnia przegród:

$$\frac{\sum_i b_i \cdot A_i \cdot U_i + \sum_j b_j \cdot l_j \cdot \Psi_j + \sum_k b_k \cdot \chi_k}{\sum_i b_i \cdot A_i} \leq U_{sr.gr} \quad (8)$$

gdzie: b_i , b_j , b_k są czynnikami korekcyjnymi wyrażającymi stosunek obliczeniowej różnicy temperatur środowisk po obu stronach rozpatrywanej i -tej przegrody, j -tego liniowego lub k -tego punktowego mostka cieplnego ($\theta_i - \theta_u$) do obliczeniowej różnicy temperatur powietrza wewnętrznego θ_i i powietrza zewnętrznego θ_e :

$$b = \frac{\theta_i - \theta_u}{\theta_i - \theta_e} \quad (9)$$

gdzie: A_i jest polem powierzchni i -tego komponentu oddzielającego strefę ogrzewaną budynku od środowiska zewnętrznego, gruntu lub nieogrzewanej części budynku w m^2 , U_i jest współczynnikiem przenikania ciepła z uwzględnieniem mostków cieplnych w $W/(m^2 \cdot K)$, Ψ_j jest współczynnikiem przenikania ciepła w miejscu występowania j -tego liniowego mostka cieplnego w $W/(m \cdot K)$, χ_k jest współczynnikiem przenikania ciepła w miejscu występowania k -tego punktowego mostka cieplnego w W/K , a l_j jest długością j -tego liniowego mostka cieplnego w m.

Wychodząc z zależności (5) i zakładając jednorodność temperaturową w obrębie strefy ogrzewanej, wartość graniczną średniego współczynnika przenikania ciepła obudowy strefy ogrzewanej, stanowiącą kryterium warunku (8), można opisać równaniem:

$$U_{sr,gr} = 41,67 \cdot \frac{EP_H}{\left(w_H \cdot \frac{w_d \cdot w_t}{\eta_{H,tot}} - a \right) \cdot Sd} \cdot \frac{A_f}{\sum_i b_i \cdot A_i} + \frac{\sum_m \eta_m \cdot (86400 \cdot \Phi_i \cdot Ld_m + \sum_j I_{Sj,m} \cdot \sum_n A_{Snj})}{86400 \cdot Sd \cdot \sum_i b_i \cdot A_i} - 0,34 \cdot \frac{\dot{V}}{\sum_i b_i \cdot A_i} \quad (10)$$

gdzie: Sd jest liczbą stopniodni odpowiadającą założonej temperaturze wewnętrznej strefy ogrzewanej θ_i i warunkom klimatycznych właściwym dla przyjętej lokalizacji budynku (średnia miesięczna temperatura powietrza zewnętrznego $\theta_{e,m}$ według www.mir.gov.pl – „baza danych klimatycznych” oraz liczba Ld_m według Dz. U. z 2009 r. Nr 43 poz. 346 w K-d, η_m jest współczynnikiem wykorzystania zysków w m -tym miesiącu sezonu grzewczego, Φ_i jest strumieniem wewnętrznych zysków ciepła w m -tym miesiącu sezonu grzewczego w W , Ld_m jest liczbą dni w m -tym miesiącu zaliczanych do sezonu grzewczego w dniach, I_{Sj} jest jednostkowym zyskiem energii słonecznej dla j -tej orientacji powierzchni zbierającej w m -tym miesiącu sezonu grzewczego w J/m^2 , $\sum_n A_{Sn}$ jest efektywną powierzchnią zbierającą j -tej orientacji w m^2 , 0,34 jest mnożnikiem przeliczeniowym uwzględniającym średnią gęstość powietrza $\rho_a = 1,2 \text{ kg/m}^3$ oraz ciepło właściwe $c_a = 1020 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$ w W/K , a \dot{V} jest strumieniem powietrza wentylacyjnego w m^3/h .

Proponowane rozwiązanie zakłada jednostrefowość budynku, to jest sytuację, gdy lokalne wahania temperatury w obrębie granic obliczeniowych ogrzewanej części budynku są na tyle niewielkie (do 4°C), że można przyjąć jednorodność temperaturową strefy przypisując jej jedną obliczeniową temperaturę wewnętrzną (PN-EN 12831:2006). W przypadku występowania większych wahań temperatury w kubaturze ogrzewanej (przekraczających 4°C), układ możemy sprowadzić również do przypadku jednostrefowego

wyznaczając średnią temperaturę strefy z zależności według PN-EN ISO 13790:2009:

$$\theta_i = \frac{\sum_z H_z \cdot \theta_{i,z}}{\sum_z H_z} \quad (11)$$

gdzie: $\theta_{i,z}$ jest temperaturą w obrębie z -tej strefy według PN-EN 12831:2006 w $^\circ\text{C}$, H_z jest współczynnikiem strat ciepła z -tej strefy temperaturowej w W/K .

Mając na względzie wykorzystanie proponowanego warunku w ocenie jakościowej, a nie ilościowej, można zrezygnować z sumowania zysków energii cieplnej po poszczególnych miesiącach sezonu grzewczego (metoda miesięczna) przyjmując roczny bilans zysków energii cieplnej (metoda sezonowa):

$$U_{sr,gr} = 41,67 \cdot \frac{EP_H}{(1-a) \cdot Sd} \cdot \frac{A_f}{\sum_i b_i \cdot A_i} + \frac{\eta \cdot (86400 \cdot \Phi_i \cdot Ld + \sum_j I_{Sj} \cdot \sum_n A_{Snj})}{86400 \cdot Sd \cdot \sum_i b_i \cdot A_i} - 0,34 \cdot \frac{\dot{V}}{\sum_i b_i \cdot A_i} \quad (12)$$

gdzie: Sd jest liczbą stopniodni charakterystyczna dla przyjętej lokalizacji budynku w K-d, η jest uśrednionym sezonowym współczynnikiem wykorzystania zysków, Ld jest długością sezonu grzewczego w dniach, a I_{Sj} jest jednostkowym rocznym zyskiem energii słonecznej dla j -tej orientacji powierzchni zbierającej w J/m^2 .

W analogiczny sposób można określić poziom izolacyjności obudowy strefy ogrzewanej mając na względzie jedynie potrzeby cieplne netto na cele ogrzewcze oraz wentylację w obrębie jej granic obliczeniowych (energię użytkową EU_H):

$$U_{sr,gr} = 41,67 \cdot \frac{EU_H}{\left(w_H \cdot \frac{w_d \cdot w_t}{\eta_{H,tot}} - a \right) \cdot Sd} \cdot \frac{A_f}{\sum_i b_i \cdot A_i} + \frac{\eta \cdot (86400 \cdot \Phi_i \cdot Ld + \sum_j I_{Sj} \cdot \sum_n A_{Snj})}{86400 \cdot Sd \cdot \sum_i b_i \cdot A_i} - 0,34 \cdot \frac{\dot{V}}{\sum_i b_i \cdot A_i} \quad (13)$$

gdzie EU_H jest wskaźnikiem obliczeniowego rocznego zapotrzebowania na ciepło (energię użytkową) w $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$.

3. Przykłady oceny budynków z wykorzystaniem wskaźnika właściwości obudowy U_{sr}

W dalszej części przedstawiono wyniki oceny poprawności doboru charakterystyki cieplnej obudowy każdego z 5 przykładowych budynków testowych, której wymagany poziom określono przy pomocy metody będącej tematem niniejszego artykułu. W tabeli 1 zamieszczono skróconą charakterystykę przyjętych budynków testowych, które oznaczono symbolami B1, B2, B3, B4 i B5.

Tab. 1. Skrócona charakterystyka budynków testowych

Budynek	A/V	Powierzchnia użytkowa	Kubatura ogrzewana	Przeszklenie	Liczba mieszkań	Liczba mieszkańców
	m^{-1}	m^2	m^3	[-]	jedn.	osób
1	2	3	4	5	6	7
B1	0,45	1 710,4	4 276	0,14	21	78
B2	0,50	2 357,5	5 880	0,21	50	107
B3	0,41	3 561,7	8 905	0,15	42	183
B4	0,40	6 761,2	17 078	0,15	81	238
B5	0,48	2 716,3	6 833	0,19	50	125

Tab. 2. Strumienie powietrza wentylacyjnego przyjęte w obliczeniach weryfikacyjnych

Budynek	Wariant I		Wariant II według PN-83/B-03430/Az3:2000			
	Całkowity strumień	Krotność wymian	Strefa II (Legnica)		Strefa V (Suwałki)	
			Całkowity strumień	Krotność wymian	Całkowity strumień	Krotność wymian
	m^3/h	$[h^{-1}]$	m^3/h	$[h^{-1}]$	m^3/h	$[h^{-1}]$
1	2	3	4	5	6	7
B1	2 139		4 642	1,09	4 046 ²⁾	0,95
B2	2 941		7 101 ¹⁾	1,21	5 550 ²⁾	0,94
B3	4 453	0,50	9 501	1,07	8 225 ²⁾	0,92
B4	8 540		17 874	1,05	16 162 ²⁾	0,95
B5	3 417		8 147 ¹⁾	1,19	6 371 ²⁾	0,93

Objaśnienia: ¹⁾ korekta strumienia powietrza wentylacyjnego w strefie mieszkalnej do 1,3 wym./h,

²⁾ korekta strumienia powietrza wentylacyjnego w strefie mieszkalnej do 1,0 wym./h.

Tab. 3. Wyniki obliczeń weryfikacyjnych

Budynek	Wariant I				Wariant II według PN-83/B-03430/Az3:2000			
	Legnica – strefa II		Suwałki – strefa V		Legnica – strefa II		Suwałki – strefa V	
	$U_{\dot{s}r} = U_{\dot{s}r,gr.}$	$EP_H/EP_{H,dop}$	$U_{\dot{s}r} = U_{\dot{s}r,gr.}$	$EP_H/EP_{H,dop}$	$U_{\dot{s}r} = U_{\dot{s}r,gr.}$	$EP_H/EP_{H,dop}$	$U_{\dot{s}r} = U_{\dot{s}r,gr.}$	$EP_H/EP_{H,dop}$
	$W/(m^2 \cdot K)$	[-]	$W/(m^2 \cdot K)$	[-]	$W/(m^2 \cdot K)$	[-]	$W/(m^2 \cdot K)$	[-]
1	2	3	4	5	6	7	8	9
B1	0,97	1,03	0,74	1,03	0,54	1,02	0,41 ¹⁾	1,03
B2	1,01	0,99	0,79*	1,00	0,54 ¹⁾	0,99	0,49 ¹⁾	0,99
B3	1,11	1,01	0,85	1,02	0,65	1,01	0,50 ¹⁾	1,01
B4	1,10	1,03	0,84	1,03	0,64	1,03	0,46 ¹⁾	1,03
B5	1,03	1,02	0,80*	1,01	0,54 ¹⁾	1,01	0,49 ¹⁾	1,02

Objaśnienia: ¹⁾ wartość wyznaczona przy obniżonym strumieniu powietrza wentylacyjnego.

Posługując się kryterium (8) dostosowano izolacyjność termiczną przegród definiujących strefę ogrzewaną poszczególnych budynków tak, aby $U_{sr.} = U_{sr.gr.}$. Okazało się jednak, że w niektórych przypadkach wyznaczone sumaryczne wartości obliczeniowego strumienia powietrza wentylacyjnego są na tyle duże, że uniemożliwiają osiągnięcie $U_{sr.gr.}$. W związku z powyższym w wariantach tych wprowadzono korektę zaleceń normowych. Ostatecznie przyjęte strumienie wentylacji zamieszczono w tabeli 2.

Określając wartość graniczną średniego współczynnika przenikania ciepła obudowy skorzystano z zależności (13), co wynika z przyjętego założenia pominięcia w obliczeniach sprawdzających procesu konwersji energii pierwotnej na energię użytkową, czyli ciepło. W analizie przyjęto zatem system ogrzewania pracujący w cyklu ciągłym ($w_d = w_t = 1$), bez odzysku ciepła ($a = 0$), „bezzstratnie” ($\eta_{H,tot} = 1,0$) oraz przy niedostawieniu energii o $w_H = 1$.

Po zaprojektowaniu parametrów cieplnych przegród każdego z budynków, wykonano obliczenia wskaźnika EPH (w tym wypadku EU_H) wykorzystując do tego celu program ArCADia Termo. Dopuszczalną wartość wskaźnika rocznego zapotrzebowania na energię $EP_{H,dop}$ wyznaczono z uwzględnieniem 25% sumarycznego udziału członu ciepłej wody użytkowej EP_W i energii pomocniczej $E_{el,pom,W}$ i wyniosła ona 78,75 kWh/m²·rok.

Porównanie otrzymanych wskaźników z wartościami granicznymi zamieszczono w tabeli 3.

4. Wnioski

Przeprowadzone obliczenia weryfikacyjne potwierdzają możliwość wykorzystania przedstawionej metody doboru parametrów cieplnych przegród budynku jako formuły wymagań ochrony cieplnej lub jako kryterium pomocnego w przewidywaniu jakości energetycznej budynku – wynikowej przyjętych izolacyjności cieplnych przegród. Powiązanie poziomu izolacyjności termicznej obudowy z założonym pułapem zużycia energii wydaje się być trafnym rozwiązaniem, łączącym w sobie odpowiednią dokładność oszacowania z prostotą jego przeprowadzenia. W testowanej grupie obiektów maksymalna różnica pomiędzy jednostkowym zapotrzebowaniem na ciepło EP_H i wartością graniczną $EP_{H,dop}$ wyniosła 3%, a średnie odchylenie standardowe uzyskanych wyników wyniosło 0,014. Są to zachęcające rezultaty, świadczące o przydatności metody, która musi być potwierdzona dalszymi badaniami.

Sam wskaźnik właściwości obudowy strefy ogrzewanej, rozumiany jako średnia izolacyjność termiczna przegród składowych, nie może być wykorzystany do porównywania ze sobą różnych budynków. Należy jednak pamiętać, że odpowiada on konkretnemu założonemu jednostkowemu

zapotrzebowaniu na energię. Podając zintegrowaną charakterystykę termiczną budynku, wyrażoną średnim współczynnikiem przenikania ciepła z przywołaniem wartości jednostkowego zapotrzebowania na energię jakiemu odpowiada – otrzymuje się komplet danych do oceny jakościowej i ilościowej budynku.

W chwili obecnej prowadzone są dalsze testy na większej grupie budynków w kierunku uproszczenia procedury wyznaczania granicznego poziomu izolacyjności obudowy.

Literatura

- Pogorzelski J. A. (2007). Propozycja mechanizmu finansowego wdrożenia Dyrektywy 2006/32/WE w sprawie efektywności końcowego wykorzystania energii. ITB, Warszawa.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz. U. z 2002 r. Nr 75 poz. 690.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 roku w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego. Dz. U. z 2009 r. Nr 43 poz. 346.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 roku w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej. Dz. U. z 2015 r. poz. 376.
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 30 września 1997 roku zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz. U. z 1997 r. Nr 132 poz. 878.
- Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013 roku zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz. U. z 2013 r. poz. 926.
- Ustawa Prawo Budowlane z dnia 7 lipca 1994 roku. Dz. U. z 1994 r. Nr 89 poz. 414, z późn. zm.

INDICATOR PROPERTIES OF HOUSING IN THE BUILDING AS A CRITERION OF HEAT PROTECTION REQUIREMENTS

Abstract: The paper proposes a definition of protection requirements through an integrated thermal properties of the indicator housing. The limit value of conditional factors determining energy consumption for heating and ventilation purposes is proposed as a criterion to use the average heat transfer coefficient of the building housing the heated zone. The paper contains the results of calculations of verification of the proposed criterion, which has been tested on a group of five buildings.