

BILANS ENERGETYCZNY BUDYNKU TYPU HALOWEGO W ZALEŻNOŚCI OD JEGO WIELKOŚCI

Dr hab. inż. Stefan OWCZAREK

Dr inż. Mariusz OWCZAREK

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji, Warszawa

*Artykuł recenzowany

Streszczenie

Straty i zyski ciepła w budynku w naturalny sposób zależą od jego wielkości. Im większy budynek tym spodziewamy się zarówno większych zysków jak i strat. Wzajemne relacje poszczególnych strumieni energii nie są już tak prosto zależne od wielkości obiektu i wymagają obliczeń dla konkretnego przypadku. W artykule zajmowano się wyznaczeniem udziału standardowych strumieni strat i zysków w budynku oraz efektywności ich wykorzystania w zależności od jego skali. Analizę przeprowadzono dla budynku o kształcie prostopadłościanu z powodu prostoty jego formy umożliwiającej przedstawienie wyników w zależności od jednego wymiaru.

Słowa kluczowe: strumienie ciepła w budynku, wybór środków termomodernizacji, bilans cieplny

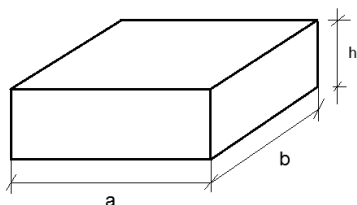
Abstract

The losses and gains of heat in the building naturally depend on its size. The bigger the building, the bigger the profits and losses we expect. Mutual relationships of individual energy streams are no longer so simple as they depend on the size of the object and need to be computed for a particular case. The article deals with determining the share of standard loss streams and gains in the building and the effectiveness of their utilization depending on its scale. The analysis was carried out for a cuboidal building because of the simplicity of its form allowing for the representation of results in dependence on one dimension.

Key words: heat flux in the building, choice of thermomodernisation measures, heat balance

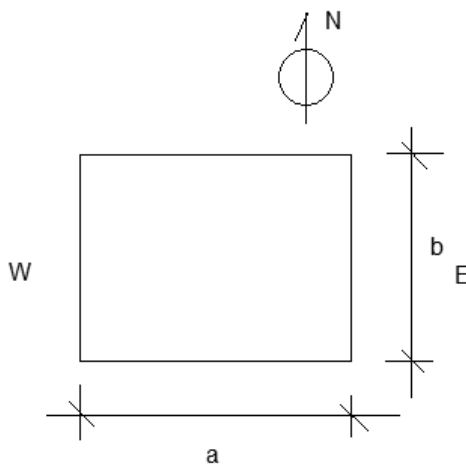
1. Podobieństwo budynków o zmiennych wymiarach

Artykuł ma na celu określenie zmienności bilansu energetycznego budynku wraz ze zmianą jego skali. Zgodnie z rozporządzeniem o charakterystyce energetycznej w budynku występują straty przez przenikanie i wentylację oraz zyski słoneczne i wewnętrzne. Wzajemna relacja i wielkość tych strat jest różna w zależności od wielkości budynku. Przy zmianie skali należy zachować pewne podobieństwo geometryczne budynków, aby wyniki były miarodajne. Takim podobieństwem może być bezwymiarowy współczynnik kształtu [1]. Nie zawsze jednak jest możliwe spełnienie tego założenia. W tym artykule dla spełnienia pewnych warunków podobieństwa przyjęto założenie co do stałości niektórych wymiarów budynku. Przeanalizujemy budynek o podstawie prostokąta i stałej wysokości. Założono, że ma on kształt prostopadłościanu.



Rys. 1. Kształt analizowanego budynku

Obliczono wartości strat i zysków energii w zależności od długości boku budynku. W ten sposób można się przekonać jakie metody polepszenia energooszczędności dają najlepsze rezultaty dla różnych wielkości budynku. Założono stały jeden bok podstawy i wysokość. Drugi bok podstawy jest parametrem zmiennym określającym skalę budynku. Orientację budynku względem stron świata pokazuje rysunek 2. Założenie orientacji jest konieczne ze względu na oszacowanie zysków słonecznych.



Rys. 2. Orientacja budynku względem stron świata

2. Parametry analizowanego budynku i strumienie ciepła

Założono, że wszystkie przegrody budynku, zarówno ściany zewnętrzne, jak i strop i podłoga mają współczynnik przenikania ciepła $U_{sci}=0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$. Udział stolarki okiennej w ścianach bocznych wynosi dla kierunku wschodniego i zachodniego $o_w=o_e=0,2$ a dla kierunku południowego $o_s=0,3$. Budynek nie posiada okien od strony północnej. Współczynnik przenikania ciepła okien $U_{ok}=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Krotność wymian powietrza wynosi $n=0,5 \text{ 1/h}$. Napromieniowanie słoneczne w miesiącach styczeń-maj i wrzesień-grudzień włącznie, na okna przyjęto według danych dostępnych na stronie Ministerstwa Budownictwa i Infrastruktury [2] dla stacji Warszawa-Okęcie. Założono stały sezon grzewczy o długości $d=222$ dni.

Poszczególne składniki bilansu energetycznego budynku obliczono w przedziale rocznym. Straty przez przenikanie:

$$Q_{tr} = \frac{H_{tr}(T_{wew} - T_{zew})24 * d}{1000} \quad (1)$$

gdzie:

- T_{wew} – temperatura wewnętrzna w budynku,
- T_{zew} – średnia roczna temperatura zewnętrzna,
- H_{tr} – współczynnik strat przez przenikanie,
- A_{sci} – powierzchnia przegród oprócz okien,
- A_{ok} – powierzchnia okien.

Współczynnik strat przez wentylację

$$H_{ve} = 0,34nV \quad (2)$$

V – kubatura budynku

Straty przez wentylację Q_{ve} liczymy jak ze wzoru (1) podstawiając H_{ve} zamiast H_{tr} . Zyski z promieniowania słonecznego dla jednej strony budynku

$$Q_{sol} = IA_{okn}Cg \quad (3)$$

gdzie:

- A_{okn} – powierzchnia okien na kierunek i ,
- A_{si} – powierzchnia całkowita ściany na kierunek i ,
- C – udział powierzchni szklanej w oknie,
- g – przepuszczalność promieniowania słonecznego przez szybę.

Wartości udziału powierzchni szklanej w oknie i przepuszczalności promieniowania słonecznego przez szybę przyjęto 0,7. Zyski wewnętrzne obliczono w zależności od powierzchni podłogi A_f stosując współczynnik z metodyki dla budynku mieszkalnego wielorodzinnego $q_{int}=7,1 \text{ W/m}^2$. Zyski wewnętrzne obliczono według wzoru

$$Q_{int} = q_{int}A_f 24d \quad (4)$$

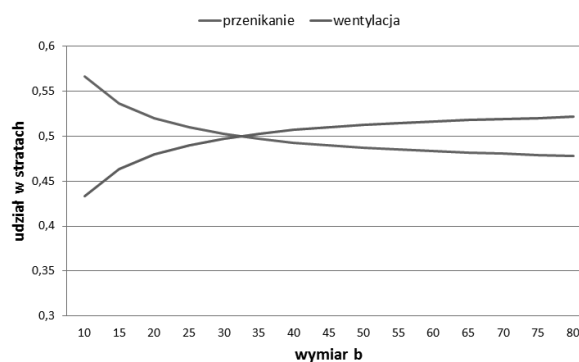
Założono, że zmiennym wymiarem jest długość b , zatem zmienia się pole powierzchni ścian na kierunek wschodni i zachodni. Obliczono zapotrzebowanie dla długości b od 10 do 80 metrów. Długość $a=10$ metrów dla wszystkich przypadków, wysokość $h=8$ metrów.

Wartości poszczególnych rodzajów strat i zysków przedstawia Tabela 1.

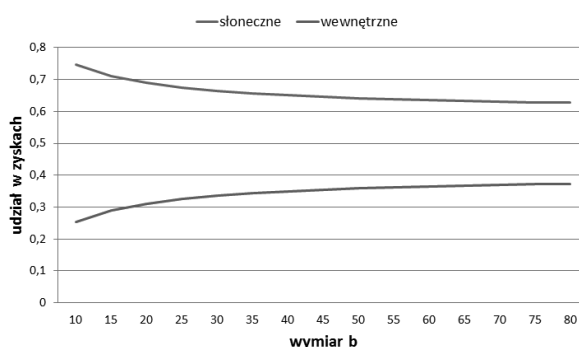
Tabela 1. Straty i zyski w budynku w zależności od wymiaru b .

b [m]	straty [kWh/rok]		zyski [kWh/rok]	
	przenikanie	wentylacja	słoneczne	wewnętrzne
10	16086	12318	11101	3783
15	21394	18478	13945	5674
20	26702	24637	16788	7566
25	32010	30796	19631	9457
30	37317	36955	22475	11349
35	42625	43114	25318	13240
40	47933	49273	28162	15132
45	53241	55433	31005	17023
50	58548	61592	33848	18914
55	63856	67751	36692	20806
60	69164	73910	39535	22697
65	74472	80069	42379	24589
70	79779	86228	45222	26480
75	85087	92388	48065	28372
80	90395	98547	50909	30263

Obliczono udziały rodzajów strat w ich sumie oraz zysków w ich sumie. Odpowiedni wykres dla strat przedstawia rysunek 3 a dla zysków rysunek 4.



Rys. 3. Udział przenikania i wentylacji w całkowitych stratach



Rys. 4. Udział słonecznych w wewnętrznych zyskach energii w ich sumie.

Widoczne jest, że dla małych budynków o wiele bardziej znaczące są straty przez przenikanie. W miarę wzrostu wymiaru budynku zyskują na znaczeniu straty przez wentylację. Zatem dla małych budynków ważna jest odpowiednia izolacja ścian, a w przypadku budynków większych opłacalna powinna stać się inwestycja w wentylację mechaniczną z odzyskiem ciepła. Analizując zyski, małe budynki posiadają procentowo duże zyski słoneczne, natomiast w miarę wzrostu wymiarów wzrasta znaczenie zysków wewnętrznych. Dla warunków rozważanych w tym artykule procentowy zakres zmienności zysków nie jest duży.

3. Bilans cieplny budynku, zapotrzebowanie na energię użytkową

Mając straty i zyski całkowite zapotrzebowanie na energię użytkową można obliczyć jako [3]

$$Q_{H,nd} = (Q_{tr} + Q_{ve}) - \eta_{H,gn}(Q_{sol} + Q_{int}), \quad (5)$$

gdzie $\eta_{H,gn}$ – współczynnik efektywności wykorzystania zysków ciepła.

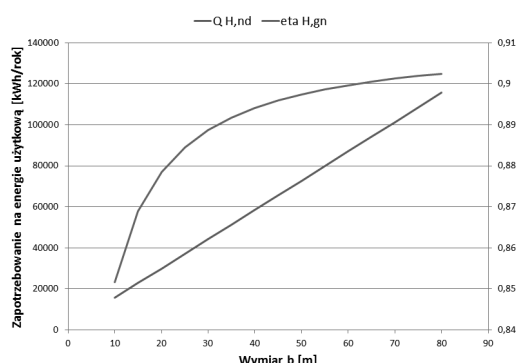
Dla uproszczenia obliczymy współczynnik efektywności jak to podano w normie PN-98/B-02025 ze względu na prostotę obliczeń

$$\eta_{H,gn} = 1 - e^{-\frac{1}{GLR}} \quad (6)$$

gdzie GLR oznacza stosunek zysków do strat, tutaj w okresie rocznym

$$GLR = \frac{Q_{sol} + Q_{int}}{Q_{tr} + Q_{ve}} \quad (7)$$

Otrzymane wartości $\eta_{H,gn}$ i zapotrzebowania przedstawia rysunek 5

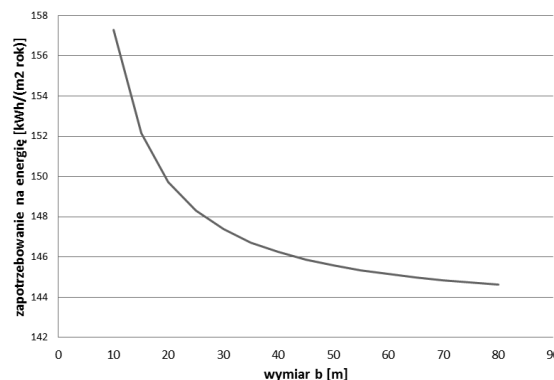


Rys. 5. Zapotrzebowanie na energię użytkową w budynku i współczynnik efektywności wykorzystania zysków.

Wraz ze wzrostem wymiaru budynku wzrasta współczynnik efektywności wykorzystania zysków. W większych budynkach zyski są lepiej wykorzystywane. Dla przypadku i założeń zrobionych w tym artykule zapotrzebowanie na energię rośnie liniowo wraz ze zwiększaniem się budynku.

Wartością porównawczą stosowaną określanie energochłonności budynku jest jednostkowe zapotrzebowanie

energii na powierzchnię użytkową. Zatem obliczono ten parametr dla omawianego przypadku. Powierzchnię użytkową obliczono jako iloczyn wymiarów budynku a i b. Wykres zapotrzebowania jednostkowego przedstawia rysunek 6.



Rys. 6. Zapotrzebowanie energii na jednostkę powierzchni budynku w zależności od jego wymiaru.

4. Wnioski

W budynkach o małych wymiarach ważne jest zastosowanie odpowiedniej izolacyjności obudowy, a zmniejszenia zapotrzebowania można upatrywać w zyskach słonecznych. W budynkach o większej kubaturze należy ograniczać straty przez wentylację. Wzrost tych strat jest na początku silny, a dla budynku o wymiarze b ponad 40 metrów słabszy. Udział zysków słonecznych w dużych budynkach jest mniejszy na korzyść zysków wewnętrznych. Ogólnie wraz ze wzrostem wymiarów budynku rośnie współczynnik efektywności wykorzystania zysków. Jednostkowe zapotrzebowanie na energię dla budynków dużych jest mniejsze, tak więc takim budynkom łatwiej spełnić wymagania w obecnych warunkach technicznych, w których nie uwzględnia się wpływu wielkości budynku na wskaźnik zużycia energii. Uzyskano duże zapotrzebowanie jednostkowe w porównaniu do wartości normowanych w warunkach technicznych, przyczynia się do tego założenie tylko jednej kondygnacji użytkowej przy wysokości 8 m. Jest to charakterystyczne dla hal magazynowych i stanowi dodatkową trudność w spełnieniu wymagań.

Literatura

1. Owczarek M., Owczarek S., O wyznaczaniu charakterystyki energetycznej w zależności od parametru skali budynku
2. Materiały Ministerstwa Infrastruktury i Budownictwa, Wskaźniki emisji i wartości opałowe paliwa oraz typowe lata meteorologiczne i statystyczne dane klimatyczne do obliczeń energetycznych budynków. http://mib.gov.pl/2-Wskazniki_emisji_wartosci_opalowe_paliwa.htm [dostęp 17-05-2017]
3. Rozporządzenie ministra infrastruktury i rozwoju z dn. 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku świadectw ich charakterystyki energetycznej.