

Edwin KOŹNIEWSKI, Marcin ORŁOWSKI

Politechnika Białostocka

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Zakład Informatyki Przemysłowej

ul. Wiejska 45E 15-351 Białystok

tel. 85 746 96 92/ fax: 85 746 95 59,

e-mail: e.kozniewski@pb.edu.pl; m.orlowski@pb.edu.pl

GEOMETRYCZNE ASPEKTY NASŁONECZNIENIA POWIERZCHNI DACHU WIELOSPADOWEGO

Celem referatu jest sformułowanie założeń i metody badania wpływu geometrii dachu wielospadowego domu jednorodzinnego na wielkość poboru energii słonecznej w zakresie promieniowania bezpośredniego z uwzględnieniem jego usytuowania względem stron świata.

Punktem wyjścia do rozważań jest sumaryczny wzór składowych promieniowania słonecznego: bezpośredniego I_b , rozproszonego I_d i odbitego I_h :

$$I = I_b \cdot \cos \theta + \frac{I_d(1 + \cos \beta)}{2} + \frac{I_h(1 + \cos \beta)}{2} \quad [W/m^2] \quad (1)$$

gdzie: θ jest kątem zawarty pomiędzy liniami wyznaczoną przez kierunek promieniowania słonecznego bezpośredniego a normalną do powierzchni absorbera (rys.1a), β jest kątem pochylenia płaszczyzny kolektora w stosunku do poziomu. We wzorze (1) składowa promieniowania bezpośredniego zależy od kąta padania θ promieni słonecznych. Możemy więc sformułować wskaźnik wnb opisujący wielkość nasłonecznienia

$$wnb = \sum P_i \cdot \cos \theta_i \quad [m^2], \quad (2)$$

gdzie P_i oznacza pole powierzchni P_i oświetlonej, θ_i jest kątem padania promieni słonecznych na powierzchnię P_i , ($i=1,2,3,4$).

Problem pełnego opisu wielkości energii słonecznej przyjętej przez daną powierzchnię w ciągu pewnego okresu czasu (wskaźnik wnb po uwzględnieniu czasu wyrazi się odpowiednią całką) jest złożony, gdyż wymaga sformułowania ogólnego algorytmu wyznaczania cienia, czy raczej oświetlenia przez promienie słoneczne dla pewnej klasy powierzchni geometrycznych. Nasze rozważania ograniczymy do

wybranych powierzchni wielościennych (dachów) i to w wybranych dniach w roku. Przyjęta metoda pozostaje jednak dość uniwersalną i wskazuje kierunki badań w celu rozwiązania zagadnienia ogólnego.

Przy opisie matematycznym tego zjawiska posługujemy się *układem sferycznym*, którego centrum jest w punkcie obserwacji, i którego kołem głównym jest horyzont, a kierunkiem głównym – kierunek geograficznego południa (S). Zakładamy, że Ziemia w punkcie obserwacji jest płaska, a horyzont widziany z tego punktu jest nieruchomy i zatacza idealny okrąg. Wówczas współrzędnymi

słonecznymi są: *azymut słoneczny* α określany jako kąt pomiędzy półpłaszczyzną południka po stronie południowej a półpłaszczyzną

koła wierzchołkowego, przechodzącą przez Słońce oraz *wysokość astronomiczna* ε czyli kąt pomiędzy płaszczyzną horyzontalną a kierunkiem padania promieni słonecznych. Do ich opisu potrzebna jest *deklinacja* δ , czyli kąt pomiędzy wektorem, łączącym Ziemię ze Słońcem, a płaszczyzną równika. Deklinacja może być obliczona ze wzoru Coopera

$$\delta = 23,45^\circ \sin(360^\circ \frac{284 + n}{365}), \quad (3)$$

gdzie n oznacza numer dnia w roku.

Następnie wyznaczamy tzw. kąt godzinowy Słońca liczony jako

$$\omega = 15^\circ (12 - t_s), \quad (4)$$

gdzie t_s oznacza czas liczony w godzinach. O godzinie 12⁰⁰ miara kąta ω wynosi 0°. Kąt godzinowy zmienia się z prędkością 15 stopni na godzinę.

Dla Białegostoku, którego szerokość geograficzna φ wynosi 53°08', mamy następujące interwały czasowe operowania Słońca na nieboskłoncie: 21.03–(6:28,18:42); 22.06–(3:59, 20:59); 23.09–(6:13,18:25); 22.12–(8:38,16:43).

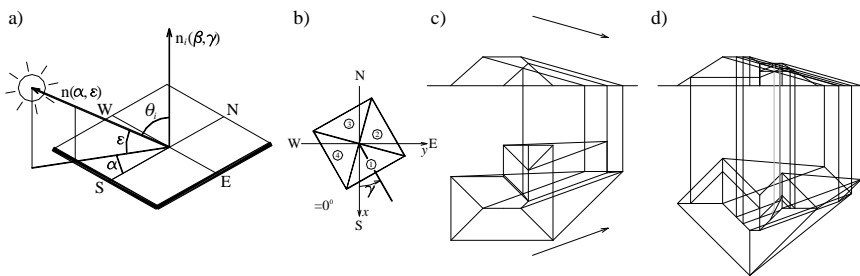
Biorąc jako skok 20 minut tworzymy ciąg kątów z krokiem 5° jako podstawę do tablicowania kątów elewacji ε ze wzoru:

$$\varepsilon = \arcsin(\sin\varphi\sin\delta + \cos\varphi\cos\delta\cos\omega). \quad (5)$$

Kąt azymutu α wyznaczamy ze wzoru

$$\alpha = \arccos\left(\frac{\sin\varepsilon\sin\varphi - \sin\delta}{\cos\varepsilon\cos\varphi}\right). \quad (6)$$

Przykładowe wyznaczenie cienia połąci dachowych wygląda następująco dla dwóch wariantów ustawienia dachu:



Rys. 1

Po wyznaczeniu cieni następuje odczytanie pola nasłonecznionego (rys. 1c,d). Aby wyznaczyć kąt padania promieni słonecznych na dowolną połąć dachową dachu nad dowolnym wielokątem prostokątnym jako dach wzorcowy możemy przyjąć dach namiotowy o kącie nachylenia β . Położenie budynku określamy przez kąt γ odniesiony do wybranej połąci. Na rysunku 1b wybraną połącią definiującą położenie jest połąć 1. Połącie dachów mają dokładnie cztery ($i=1,2,3,4$) różne położenia

względem stron świata. Przy tak przyjętych założeniach wektor jednostkowy promienia słonecznego $\mathbf{n}(\alpha, \varepsilon)$ wyraża się $\mathbf{n}(\alpha, \varepsilon) = [\cos \alpha \cos \varepsilon, \sin \alpha \cos \varepsilon, \sin \varepsilon]$, zaś wektor jednostkowy $\mathbf{n}_i(\beta, \gamma)$ prostopadły do połaci dachowej i , ($i=1,2,3,4$) ma współrzędne $\mathbf{n}_i(\beta, \gamma) = [\sin \beta \cos(\gamma+(i-1)90^\circ), \sin \beta \sin(\gamma+(i-1)90^\circ), \cos \beta]$. Stąd kosinus kąta jest równy iloczynowi skalarnemu $\cos \theta_i = \mathbf{n}(\alpha, \varepsilon) \cdot \mathbf{n}_i(\beta, \gamma)$, czyli

$$\cos \theta_i = \cos \varepsilon \sin \beta (\cos \alpha \cos(\gamma+(i-1)90^\circ) + \sin \alpha \sin(\gamma+(i-1)90^\circ)) + \sin \varepsilon \cos \beta. \quad (7)$$

Przeprowadzone obliczenia dowodzą, że większy wskaźnik nasłonecznienia dachu ma budynek na rysunku 1c.

Literatura:

- [1] Wiśniewski G., Gołębiowski S., Gryciuk M., Kurowski K.: *Kolektory słoneczne. Poradnik wykorzystania energii słonecznej*. Wyd. III. Centralny Ośrodek Informacji Budownictwa, Warszawa 2006.