

Wykorzystanie energii słonecznej – modyfikacja kąta nachylenia połaci dachu izotropowego

Use of solar energy – modification of the angle of inclination of an isotropic roof

dr inż. Krzysztof Tytkowski (ORCID: 0000-0001-6046-6783), Wydział Budownictwa, Politechnika Śląska

DOI: 10.5604/01.3001.0054.1318

Streszczenie: W pracy przedstawiono metody wykreślne i analityczne modyfikacji rozwiązania dachu wielospadowego ze względu na kąt nachylenia jednej jego połaci w celu zwiększenia efektywności wykorzystania energii słonecznej z planowanego kolektora na dachu. Przedstawione zagadnienie nie wchodzi w zakres wiedzy przekazywanej przyszłym inżynierom w ramach szeroko pojętych metod „rozwiązania dachów”.

Słowa kluczowe: dach, nachylenie połaci, kolektor, projekt.

Abstract: The work presents graphical and analytical methods for modifying the multi-slope roof solution due to the angle of inclination of one of its slopes in order to increase the efficiency of using solar energy from the planned collector on the roof. The presented issue does not fall within the scope of knowledge provided to future engineers as part of the broadly understood „roof solving” methods.

Keywords: roof, roof slope, collector, design.

1. Wprowadzenie

Znaczny wzrost cen wszystkich nośników energii zapewne skłoni inwestorów do poszukiwań różnych rozwiązań, które w perspektywie wieloletniej mogą ograniczyć koszty ogrzewania przez projekty prokonsumenckie [1]. W przypadku rozwiązań opartych o energię słoneczną mamy do dyspozycji możliwość ich wykonywania bezpośrednio na ziemi lub z wykorzystaniem powierzchni dachu. Optymalnym rozwiązaniem, w przypadku wykorzystania energii słonecznej, byłoby umieszczenie kolektora (niezależnie od sposobu pozyskiwania energii – fotowoltaika, solary) tak, by zawsze jego płaszczyzna była prostopadła do kierunku promieni słonecznych.

2. Kolektor

Bardzo ważnym i często decydującym o przyszłym rozwiązaniu parametrem zastosowanego rozwiązania jest koszt 1 m² powierzchni kolektora. Przy niskiej cenie kolektor może być duży, by uzyskiwać odpowiednią moc, niezależnie od zmiany kierunku promieni słonecznych (zmiana o 46°52' w ciągu roku) wynikającej z kąta nachylenia osi Ziemi do płaszczyzny ekliptyki (pory roku) i obrotu Ziemi wokół własnej osi (pory dnia). Zniwelowanie tych niekorzystnych dla pozyskiwania energii słonecznej zjawisk jest możliwe na przykład w przypadku naziemnych konstrukcji, ale wymaga, czasami drogich, układów sterujących, a sam kolektor musi mieć możliwość obrotu w dwóch płaszczyznach, tak by nadążać za zmianą kierunku promieni słonecznych.

Takie rozwiązanie, przy danej powierzchni kolektora, zapewnia maksymalne jego wykorzystanie, a czynnikiem decydującym o mocy uzyskiwanej są jedynie warunki pogodowe i sprawność samego układu. W przypadku dachu płaskiego może być podobnie.

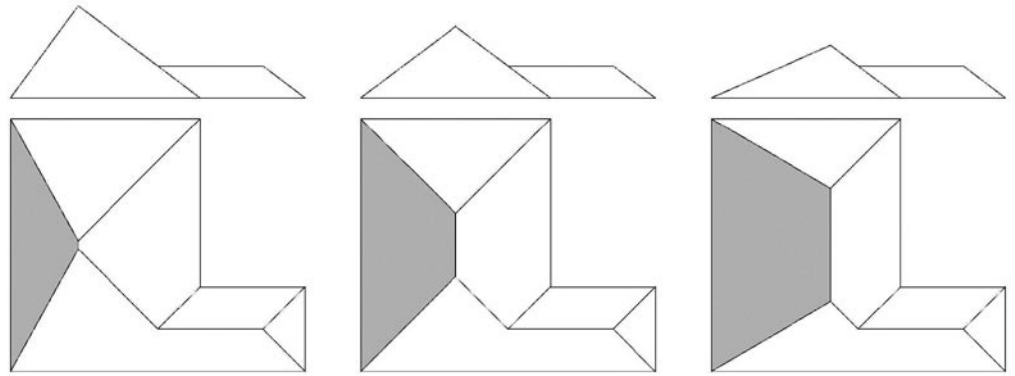
3. Modyfikacja konstrukcji dachu – zmiana kąta nachylenia wybranej połaci

Projektując położenie i kształt połaci dachowych, zakłada się taki sam kąt nachylenia dla wszystkich połaci [2]. Takie założenie znacznie upraszcza rozwiązanie zadania i ułatwia wykonanie więźby dachowej. W przeciwnym razie należy znajdować krawędzie poszczególnych połaci.

3.1. Dach z co najmniej jedną linią okapu na kierunku wschód-zachód

Mając projekt dachu niezmodyfikowany o jednej połaci, która ma kierunek wschód-zachód, stosunkowo łatwo można przeprowadzić korektę nachylenia tej połaci, na której ma być zainstalowany kolektor. Do wyznaczenia kąta między promieniem słonecznym a połacią dachu należy dysponować rzutem, w którym wartość tego kąta się ujawni. Z reguły jest to kąt, jaki mają promienie słoneczne w momencie górowania słońca. Wtedy promienie słoneczne mają kierunek południe-północ. Wybór konkretnego dnia będzie zależał od głównego celu pozyskiwania energii (chłodzenie, ogrzewanie). Dla ogrzewania budynku będzie to – 22 grudnia, dla budynku letniskowego (klimatyzacja) – 22 czerwca. Mając rzut boczny (rzutnia prostopadła do płaszczyzny

Rys. 1. Zmodyfikowane połącze: większy kąt nachylenia, rozwiązanie o równych kątach i kąt mniejszy



modyfikowanej połąci), można wprowadzić korektę nachylenia tej połąci pod zadaniem kątem. Na rysunku 1 rzut główny pełni taką rolę. Modyfikowany kąt dwusieczny

między płaszczyzną poziomą i połącią ujawnia swoją wartość na rzucie pionowej (rzut główny), ponieważ obie płaszczyzny (połącze i płaszczyzna pozioma) są do tej rzutni prostopadłe. Przy takim położeniu połąci łatwo można krygować jej kąt nachylenia. Zwiększenie i zmniejszenie nachylenia w stosunku do rozwiązania izotropowego (wszystkie kąty są równe) pokazano na rysunku 1.

Modyfikację ogranicza jedynie kąt, w którym długość kalenicy, jaką jest jedna z krawędzi modyfikowanej połąci, zmniejszy się do zera. Większy kąt będzie wymagał dokonania większych zmian. Powyższe zmiany będą też wpływać na kubaturę poddasza i powierzchnię połąci, co będzie związane z większymi kosztami.

3.2. Dach bez połąci o linii okapu na kierunku wschód-zachód

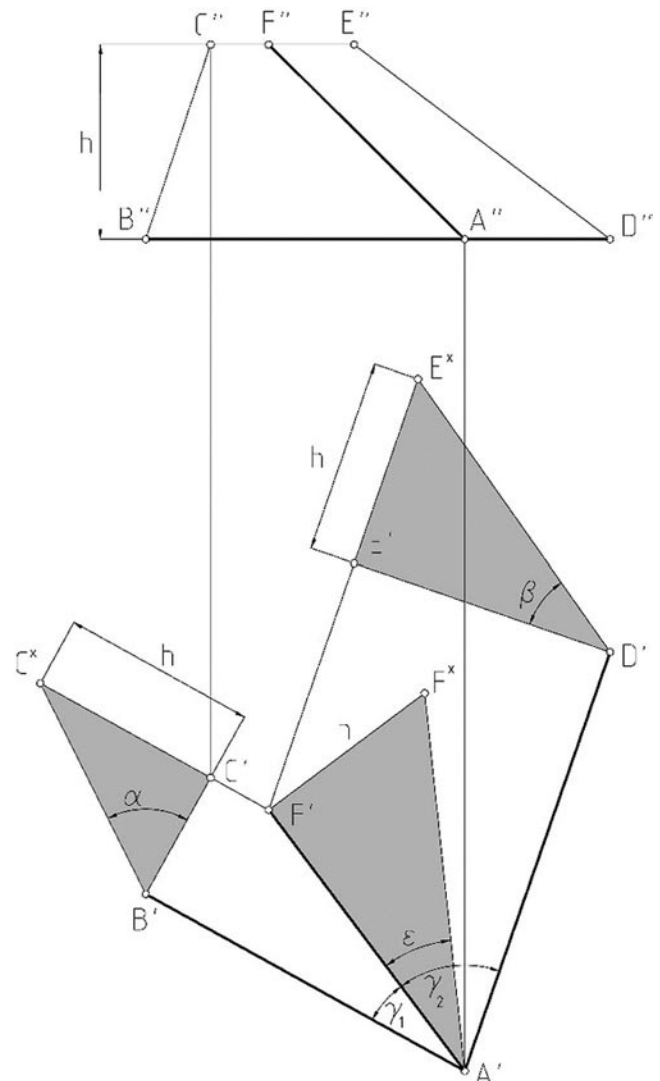
W przypadku dachu, w którym od razu nie możemy wyznaczyć optymalnego kąta między promieniem słonecznym i połącią o danym nachyleniu, należy posłużyć się dodatkowymi konstrukcjami. Należy rozwiązać zagadnienie wyznaczenia kąta, jaki ma prosta (promień słoneczny) w położeniu ogólnym z płaszczyzną (połącią) w położeniu również ogólnym. Jest to mało pomocne ze względu na to, że chcemy, aby ten kąt miał konkretną wartość (zmiana ta jest przez zmianę wyjściowego położenia połąci). W takim przypadku należałoby się posłużyć dość skomplikowaną konstrukcją wykreślną.

Możemy uniknąć poszukiwania optymalnego kąta, stosując jeden z wielu programów (np. bezpłatny ScanTheSun – platforma android), które pomagają w ustaleniu optymalnego kąta nachylenia połąci przy podaniu kąta linii okapu. Poniżej zaprezentowana zostanie modyfikacja dla ustalonego optymalnego kąta nachylenia.

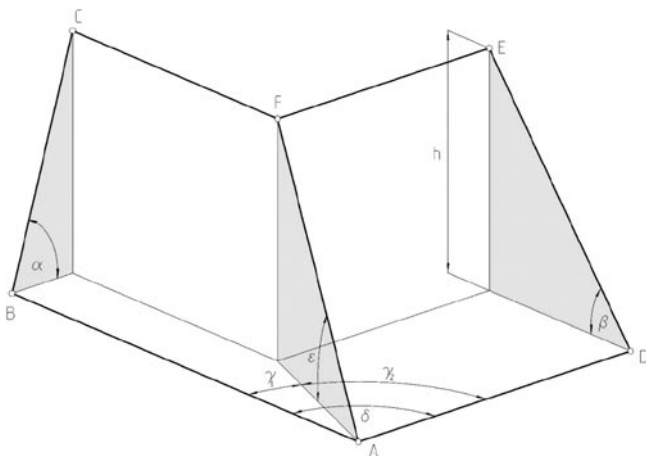
Metoda wykreślna wyznaczenia kątów

Na rysunku 2 są dane linie okapu AB i AC, α to kąt nachylenia połąci o linii okapu AB, β to kąt nachylenia połąci o linii okapu AC. W celu wyznaczenia położenia naroża (krawędź tych dwóch połąci) przez wybrany punkt na linii okapu AB, np. B, przyjmujemy płaszczyznę prostopadłą do AB ω_B . Następnie wykonujemy kład tej płaszczyzny. Konstruujemy kąt α o wierzchołku w punkcie B = B',

gdzie jedno z ramion to krawędź przyjętej płaszczyzny pomocniczej i płaszczyzny zarysu dachu (płaszczyzny poziomej), a drugie to krawędź płaszczyzny pomocniczej i połąci. Na tej krawędzi przyjmujemy punkt C^x. Podnosząc z kładu punkt C otrzymujemy rzuty punktu C' na odnoszącej i na wysokości h (odległość C^xC') punkt C''. W stosunku do połąci o krawędzi linii okapu AC postępujemy



Rys. 2. Konstrukcja wykreślna naroża przy różnych nachyleniach połąci



Rys. 3. Schemat do obliczeń analitycznych kątów γ_1 , γ_2 na podstawie kątów α , β , δ

analogicznie do momentu wykonania kładu. Nie przyjmujemy dowolnie punktu E na kładzie krawędzi połączy i płaszczyzny pomocniczej ω_c . Punkt E musi mieć wysokość h (taką samą jak punkt C). Zaznaczamy wszystkie punkty o wysokości h na obu połączyach i znajdujemy punkt F (F' wysokość punktu wynosi h) jako punkt wspólny prostych (równoległych odpowiedni do AB i AC). Następnie prowadzimy krawędź AF w rzutach ($A'F'$, $A''F''$) i możemy określić kąty γ_1 i γ_2 . Wprowadzając płaszczyznę pomocniczą ω_f prostopadłą do płaszczyzny poziomej i zawierającą krawędź AF, następnie wykonując kład płaszczyzny ω_f możemy określić kąt ε , jaki tworzy krawędź z płaszczyzną podstawy.

Metoda analityczna wyznaczenia kątów

Rozwiązanie analityczne wyznaczenia kątów – jak na rysunku 3. Jedynym nowym oznaczeniem w stosunku do poprzedniego rozwiązania jest kąt δ między liniami okapu AB AC.

$$\gamma_1 = \arctan \left(\frac{\sin \beta \sin \delta \cos \alpha}{\sin \alpha \cos \beta + \sin \beta \cos \alpha \cos \delta} \right) \quad (1)$$

$$\gamma_2 = \arctan \left(\frac{\sin \alpha \sin \delta \cos \beta}{\sin \beta \cos \alpha + \sin \alpha \cos \beta \cos \delta} \right) \quad (2)$$

Jeżeli $\delta = \pi/2$

$$\gamma_1 = \arctan \left(\frac{\sin \beta \cos \alpha}{\sin \alpha \cos \beta} \right) \quad (3)$$

$$\gamma_2 = \arctan \left(\frac{\sin \alpha \cos \beta}{\sin \beta \cos \alpha} \right) \quad (4)$$

Wartość kąta

$$\varepsilon = \arctan \left(\frac{\sin \alpha \sin \gamma_1}{\cos \alpha} \right) \quad (5)$$

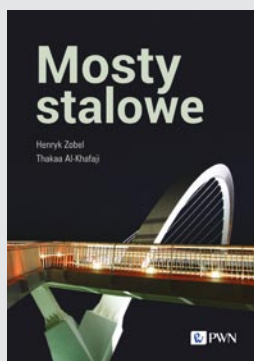
4. Podsumowanie

Oczywiście przed przystąpieniem do modyfikacji dachu należy przeanalizować wszystkie aspekty ekonomiczne i technologiczne zmian. Jednak niestabilna sytuacja na rynku energetycznym będzie zawsze obciążona dużym błędem oceny uzyskanych efektów.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Kopietz-Unger J., Oszczędność energii w budownictwie oznacza budownictwo plusenergetyczne, Przegląd Budowlany 3/2011
- [2] Przewłocki S., Geometria wykreslna w budownictwie, Wydawnictwo Arkady, Warszawa, 1997

Nowości wydawnicze



Tytuł: Mosty Stalowe

Autorzy: Henryk Zobel, Thakaa Al-Khafaji

Wydawca: PWN SA, styczeń 2024 r.

oprawa twarda, 1190 stron

W książce zawarto aktualny stan wiedzy na temat mostów stalowych. Przedstawione tu zostały zasady kształtowania, konstruowania, a także analizy statycznej, dynamicznej i wytrzymałościowej z uwzględnieniem sposobu zapewnienia trwałości. Zaprezentowano również procedury obliczeniowe oparte na Eurokodach i scharakteryzowano modele obciążeń normowych, wybierając z norm tylko te, które bezpośrednio dotyczą mostów. Uwzględnione tu zostały również inne przepisy obowiązujące w tej materii w Polsce, jak na przykład wprowadzone w latach 2022–2023 Wzorce i Standardy w Budownictwie Drogowym.

Dużo miejsca poświęcono stali jako materiałowi, wypuklając te jej właściwości, które są szczególnie ważne z punktu widzenia zastosowań w mostownictwie. Przedstawiono również problematykę wytwarzania, montażu i utrzymania konstrukcji mostowych. Opisano zasady łożyskowania i stosowania urządzeń dylatacyjnych. Omówiono najczęściej stosowane nawierzchnie, zarówno kolejowe, jak i drogowe, a także izolacje stosowane na mostach.

Książka skierowana jest do wszystkich uczestników budowlanego procesu inwestycyjnego w odniesieniu do mostów, tj. projektantów i wykonawców, inwestorów, służb nadzoru oraz służb zajmujących się utrzymaniem tych obiektów. Będzie również cennym podręcznikiem dla studentów wydziałów inżynierii lądowej oraz uczniów budowlanych szkół średnich, ze szczególnym wskazaniem specjalizacji „Mosty i budowle podziemne”.