

MAGDALENA NAKIELSKA*

KOMIN SŁONECZNY – STUDIUM PRZYPADKU

Streszczenie

Celem polityki państw na świecie jest zmniejszenie energochłonności oraz zwiększenie udziału odnawialnych źródeł energii w wielu gałęziach przemysłu. Dotyczy to także budownictwa. Poszukuje się zatem nowych rozwiązań materiałowych i technologicznych m.in. z zakresu ogrzewania, chłodzenia czy wentylacji. W artykule przedstawiono problematykę systemów wentylacji, w których zastosowano komin słoneczny. Przedstawiono na konkretnym przykładzie sposób funkcjonowania wentylacji grawitacyjnej z kominem słonecznym.

Słowa kluczowe: wentylacja grawitacyjna, komin słoneczny, wspomaganie wentylacji

WPROWADZENIE

Wszyscy pragną przebywać w pomieszczeniach, w których czują się komfortowo. Ważnym elementem zapewniającym komfort jest prawidłowo działająca wentylacja, która powinna zagwarantować dopływ świeżego powietrza zewnętrznego oraz usunięcie zużytego powietrza wewnętrznego. Zarówno ilość powietrza jak i jego jakość odgrywają istotną rolę w kształtowaniu klimatu wewnętrznego pomieszczeń. Biorąc pod uwagę to, iż współcześnie większą część życia spędzamy w zamkniętych pomieszczeniach, problem wentylacji pomieszczeń nabiera istotnego znaczenia. Przy źle działających systemach wymiany powietrza pojawia się zagrożenie chorób wywołanych niedostateczną ilością tlenu dostarczanego do organizmu człowieka.

W przeważającej części istniejących budynków mieszkalnych, produkcyjnych, gospodarskich i inwentarskich zaprojektowany został grawitacyjny system wymiany powietrza [Opaliński 2003]. Niestety nie zawsze w zadawalający sposób spełnia swoje zadanie, ponieważ system ten uzależniony jest od warunków klimatycznych panujących na zewnątrz obiektów. Wykorzystanie wentyla-

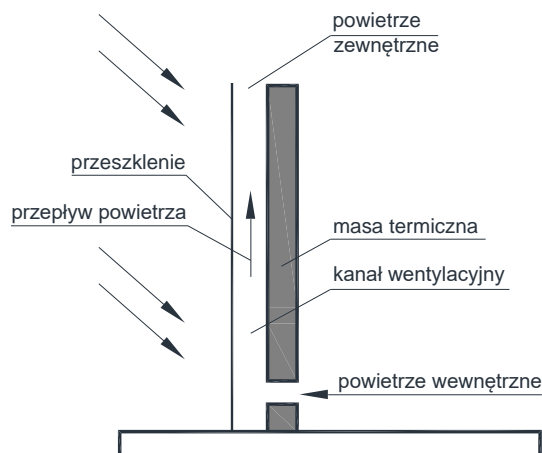
* Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska

cji mechanicznej znacznie podniosło standard obiektów budowlanych pod kątem wymiany powietrza, co przyczyniło się do zwiększonej energochłonności budynków. Jednak w dzisiejszych czasach coraz większą uwagę zwraca się na problem zużycia energii. W związku z tym wiele krajów wprowadziło restrykcyjne obostrzenia w sprawie ilości energii, którą mogą zużywać budynki w procesie eksploatacji, co było impulsem do rozwoju nowych technologii, pozwalających spełnić aktualne przepisy prawne nie obniżając komfortu użytkownika obiektu.

Jednym ze sposobów pozwalających obniżyć zużycie energii przez obiekty budowlane jest efektywne wykorzystanie energii promieniowania słonecznego. Liczne kraje wykorzystują energię słoneczną w celu poprawy warunków komfortu wewnętrznego. Jednym z proponowanych rozwiązań wspomagających wentylację naturalną są konstrukcje systemów wentylacji grawitacyjnej wspomaganej energią słoneczną zwane kominami słonecznymi. Komin słoneczny mogą być ulokowane na obrzeżach budynku - w obrębie ich elewacji lub wewnątrz bryły budynku. Komin jest jednym z elementów wpływających na wartość wizualną obiektu budowlanego, a nawet miasta. Autorka publikacji [Skiba 2013] zwraca uwagę na obraz miasta a zarazem na zagadnienia problematyki ekologicznej. Rozwiązania z zastosowaniem komina słonecznego wpisują się w tematykę zrównoważonego rozwoju miast. Na świecie znane się realizacje obiektów w których zastosowano komin słoneczny jako element wspomagający wentylację grawitacyjną.

Zasada działania komina słonecznego (rys. 1) polega na doprowadzeniu dodatkowego strumienia ciepła do powietrza usuwanego z pomieszczenia w celu zmniejszenia jego gęstości w przeszklonej przestrzeni komina. W wyniku czego wzrasta różnica gęstości powietrza usuwanego pomiędzy wlotem a wylotem z komina, a tym samym wzrasta różnica ciśnień powodując zwiększenie tzw. „efektu kominowego”. W dni słoneczne komin wystający ponad dach budynku i jego ciemna barwa sprawiają, że w górnej części komina powietrze silnie się nagrzewa. Schłodzone w ciągu nocy ściany wypromieniowują chłód na zewnątrz. Następnie zużyte i ciepłe powietrze zostaje wyprowadzone za pośrednictwem ściany kominowej na zewnątrz.

Komin słoneczny wykorzystywany był od bardzo dawna, zwłaszcza na Bliskim Wschodzie i w antycznym Rzymie. W celu poznania zjawisk zachodzących w kominach słonecznych, rozpoczęto prace badawcze przy wykorzystaniu różnych metod: eksperymentalnych, analitycznych i komputerowych. Khanal R. i Lei C. zaprezentowali w swoim artykule przegląd wybranych publikacji z tej tematyki [Khanal 2011]. W publikacjach wziętych do rozważań dominują badania eksperymentalne, oraz połączenie ich z analitycznymi lub numerycznymi. Wykonanie stanowiska badawczego jest kosztowne, jednak uzyskane wyniki analiz są zbliżone do warunków rzeczywistych.



Rys.1. Schemat kolumny słonecznej
Fig.1. Schematic diagram of solar chimney

PRZEDSTAWIENIE OBIEKTU BADAŃ

Badania dotyczące działania wentylacji grawitacyjnej wspomaganą kolumną słoneczną przeprowadzono na istniejącym budynku znajdującym się na terenie kampusu Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy przy ulicy Kaliskiego 7. Na istniejące kanały wentylacyjne sali dydaktycznej zastosowano nadbudowę stanowiącą kolumnę słoneczną. W sali tej znajduje się stara stolarka drewniana. Takie rozwiązanie konstrukcyjne pozwoliło na uzyskanie rzeczywistych warunków oceny funkcjonowania systemu wentylacji.

Nadbudowa żelbetowa o wymiarach zewnętrznych 0,47 m x 1,75 m i wysokości 1,46 m. Trzy ściany wykonano z betonu B20 zbrojonego prętami $\phi 10$ co 15 cm, pomalowano wewnątrz na kolor czarny, zaizolowano styropianem ESP 70-0,037 o grubości 10 cm i otynkowano. Czwartą ścianę o orientacji południowej stanowi przeszklenie o powierzchni 1,88 m², wykonane z szyby bezpiecznej Pilkington Optilam 6,4, której grubość wynosi 6,38 mm, całkowita przepuszczalność energii słonecznej 79%, współczynnik przenikania ciepła 5,7 W/m²K. Górę kolumny słonecznej stanowi płyta żelbetowa, pokryta warstwą papy. Zdjęcie stanowiska badawczego przedstawiono na fot. 2.

W sali dydaktycznej, nad którą wybudowano kolumnę betonową zbrojony, znajduje się 5 krętek wentylacyjnych, o wymiary zewnętrznych 16,8 cm x 16,8 cm (fot. 1). Powierzchnia netto krętek wewnątrz sali, przez którą wydostaje się powietrze wynosi 0,0620 m².



Fot. 1. Widok kratki wentylacyjnych w pomieszczeniu
Phot. 1. View the ventilation grilles in room



Fot. 2. Widok badanego kamina słonecznego
Phot. 2. View tested the solar chimney

METODYKA BADAŃ

W celu przeprowadzenia badań pozwalających sprawdzić funkcjonowanie wentylacji grawitacyjnej w salach wyposażonych w kminy słoneczne starano się wybrać dni bezwietrzne. Pierwszy pomiar kontrolny, przed wybudowaniem stanowisk badawczych, wykonano dnia 9-10 lipca. Pomiar wykonywany były przez 24 godziny z odczytami parametrów co dwie godziny.

Po wybudowaniu kominów słonecznych do przeprowadzenia pomiarów w okresie letnim wybrano następujące dni: 25-26 lipca 2013 roku, 10-11 sierpnia 2013 roku, 27-28 sierpnia 2013 roku.

Pomiary wykonywano przez 24 godziny z odczytami parametrów co dwie godziny. Mierzone parametry to: prędkość, temperatura oraz wilgotność powietrza. Do pomiaru temperatury i wilgotności względnej zastosowano termohigrometr C3120, natomiast do pomiaru prędkość powietrza termooanemometr TA 430.

Badania wykonywano w dwóch punktach badawczych: na dachu, bezpośrednio na wylocie z kominu oraz w sali dydaktycznej na kratkach wywiewnych wentylacji grawitacyjnej.

Mierzone parametry to:

- prędkość powietrza na poziomie kratak nawiewnych, na każdej z pięciu kratak w 9 punktach pomiarowych, rozmieszczonych w środku 9 pól elementarnych kształtem zbliżonych do kwadratu, na które została podzielona kratka [Kołodziejczyk 1980],
- prędkość powietrza na poziomie wylotu z kominu słonecznego, pomierzona w 10 punktach pomiarowych, rozmieszczonych w środku 10 pól elementarnych, na które została podzielona kratka [Kołodziejczyk 1980],
- temperatura i wilgotność powietrza wewnątrz pomieszczenia w określonych punktach pomiarowych. Punkty pomiarowe były wybrane w strefie przebywania ludzi na poziomie 1,2 m powyżej podłogi.
- temperatura i wilgotność powietrza na zewnątrz pomieszczenia.

WYNIKI BADAŃ

Strumień objętości powietrza na wlocie do kratki wentylacyjnej obliczono według wzoru:

$$\dot{V} = P \cdot w_{pow}$$

gdzie:

P – powierzchnia wlotu powietrza, m²,

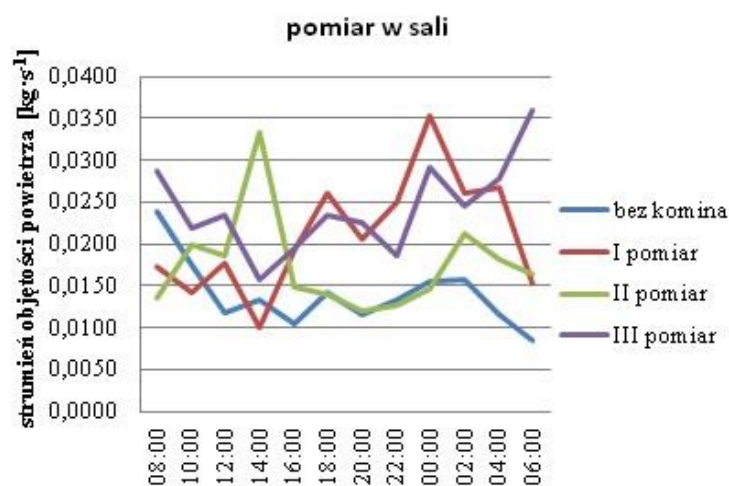
w_{pow} – suma średnich pomierzonych prędkości powietrza, m·s⁻¹.

Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono w sposób graficzny obliczone na podstawie wykonanych pomiarów, strumienie objętości powietrza na kratkach wlotowych w salach oraz na wylocie z kominów.

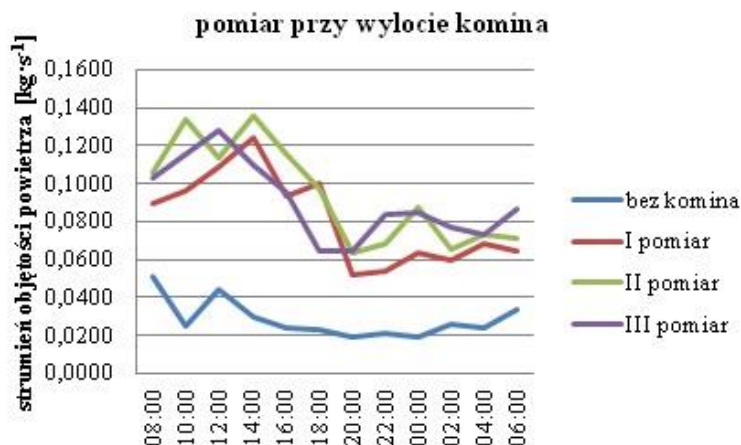
W kominie na kratkach, w ciągu doby wartość strumienia objętości zmienia się. Przy braku kominu słonecznego wartość ta od godziny 8:00 do 16:00 ma tendencje spadkową, następnie wzrasta, i od godziny 2:00 w nocy zauważono spadek wartości. Obecność kominu słonecznego spowodowała zaburzenie tendencji spadkowej strumienia objętości. Przed południem wartości strumienia objętości maleją, następnie, gdy promienie słoneczne przestają oddziaływać bezpośrednio na przeszklenie rośnie. Wieczorem wartość ta cały czas wzrasta, a następnie po północy zaczyna spadać. Wartości strumienia objętości powietrza zwiększyły się po zamontowaniu kominów słonecznych.

Strumień objętości powietrza przy wylocie z kominów słonecznych w ciągu doby zmienia się. Przy braku kominów słonecznych wartość ta ma tendencje spadkową, wzrasta od północy. Po wybudowaniu kominów słonecznych nastąpiło znaczne zwiększenie wartości strumienia objętości powietrza przy wypły-

wie z kominów. W przypadku oddziaływania na komin promieni słonecznych wartość strumienia objętości rośnie. Dopiero, gdy promienie słoneczne przestają padać na przeszklenie wartości strumienia objętości powietrza maleją. W okresie nocy, od wieczora strumień objętości ponownie zwiększa swoją wartość. Jest on niższy niż w ciągu dnia.



Rys. 2. Wykres strumienia objętości powietrza w sali
Fig. 2 Chart air flow in the room



Rys. 3. Wykres strumienia objętości powietrza przy wylocie z kominia
Fig. 3. Chart air flow at the outlet from the chimney

DYSKUSJA WYNIKÓW

Po zamontowaniu komina słonecznego zauważono wzrost prędkości powietrza, a co za tym idzie obliczony strumień objętości powietrza jest większy. Jednoznacznie widoczne to jest przy analizie wyników otrzymanych z pomiaru przy wylocie z komina słonecznego na stanowisku na dachu. Potwierdza to intensyfikację wentylacji grawitacyjnej przy wykorzystaniu dodatkowego elementu wykorzystującego energię słoneczną.

Zastanawia jednak fakt, iż obliczony stosunek pomierzonych strumieni powietrza na wlocie i na wylocie kanałów wentylacji grawitacyjnej wynosi około 0,3. Jest to wartość znacznie za mała. Wykorzystując zasadę ciągłości, aby osiągnąć taki stosunek strumieni objętości temperatura powietrza wypływającego z komina słonecznego, określona z równania Clapeyrona temperatura powietrza wypływającego z komina powinna wynosić ponad 1000°C, co nie jest prawdą. Temperatura każdorazowo była mierzona i wahała się pomiędzy wartościami 17-35°C.

Prawdopodobną przyczyną zaistniałej sytuacji jest dodatkowy strumień powietrza dostający się do komina słonecznego. Z związku z tym, iż stanowiska badawcze wykonane zostały na istniejącym obiekcie nie było możliwości dokładnego sprawdzenia stanu kanałów wentylacyjnych. Nie można określić oporów tarcia w kanale. Obiekt, na którym wykonane zostały badania powstał w latach 70-tych, jakoś wykonania budzi wiele zastrzeżeń. Po cyklu przeprowadzonych badań można stwierdzić, że wprowadzenie komina słonecznego jako elementu wspomagającego wentylację grawitacyjną niewątpliwie poprawia jej wydajność, jednak na obiekcie istniejącym trudno jest precyzyjnie określić w jakim stopniu nastąpi poprawa. Wskazane jest wykonanie niezależnego stanowiska badawczego, w którym na etapie budowy sprawdzana będzie jakość wykonania kanałów wentylacyjnych.

WNIOSKI

W Polsce komin słoneczny jako element wspomagający wentylację grawitacyjną nie został jeszcze dostatecznie zbadany. Z przeprowadzonych badań można wystosować następujące wnioski:

1. Zaprezentowane wyniki pomiarów przepływu powietrza w sali dydaktycznej budynku UTP w Bydgoszczy, potwierdzają intensyfikację wymiany powietrza w pomieszczeniu, w którym na kanale wentylacyjnym został wybudowany komin słoneczny.
2. W przypadku komina słonecznego żelbetowego uzyskuje się większy strumień objętości powietrza na wylocie z komina niż wewnątrz sali. Jest to wy-

nikiem nagrzania powietrza w przeszklonej części komina oraz wpływem działania wiatru w okolicy otworu wylotowego.

3. Obliczony stosunek pomierzonych strumieni powietrza na wlocie i wylocie kanałów wentylacji grawitacyjnej wynosi około 0,3, jest to wartość znacznie za małą.

LITERATURA

1. KHANAL R., LEI C., 2011. Solar chimney – passive strategy for natural ventilation. *Energy and Buildings* 43, 1811-1819.
2. KOŁODZIEJCZYK L., MAŃKOWSKI S., RUBIK M., 1980. *Pomiary w inżynierii środowiska*. Arkady, Warszawa.
3. OPALIŃSKI S., RABCZAK S., 2003. *Wentylacja grawitacyjna*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów.
4. SKIBA M., 2013. Kształtowanie obrazu miasta. Rola prawa i mechanizmów ekonomicznych. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego*, nr 150, 143-154.

SOLAR CHIMNEY – A CASE STUDY

S u m m a r y

The policy of countries in the world, is reduce energy intensity and increasing the share of renewable energy sources in many industries. This also applies to the construction industry. Therefore looking for new materials and technology, heating, cooling and ventilation. The article presents the problem of ventilation systems that use solar chimney. The article presents the problem of ventilation systems, using solar chimney, shown in the example of the functioning of the natural ventilation of the solar chimney.

Key words: natural ventilation, solar chimney, assisted natural ventilation