

ZASTOSOWANIE ŚCIANY TROMBE'A W BUDYNKACH DLA TRZODY CHLEWNEJ

D. Wójcicka-Migasiuk

Katedra Ogrzewnictwa, Wentylacji i Automatyzacji, Politechnika Lubelska
ul. Nadbystrzycka 40, 20-618 Lublin
e-mail: dorota@akropolis.pol.lublin.pl

Streszczenie. W oparciu o przedstawione w publikacjach założenia określające warunki zapewnienia samoogrzewalności budynków inwentarskich oraz wykonaną analizę symulacyjną stwierdzono, że zastosowanie ściany o konstrukcji złożonej, znanej pod nazwą ściany Trombe'a, może znacznie poprawić warunki termiczne i wilgotnościowe w tych obiektach, bez konieczności dodatkowego zasilania energią. Podano uproszczone obliczenie poprawy bilansu ciepła w obiekcie. Rysunki przedstawiają siatkę elementów skończonych na analizowanym obiekcie i wyniki symulacji stanu nieustalonego.

Słowa kluczowe: samoogrzewalne budynki trzody chlewnej, analiza pola temperatury, Metoda Elementów Skończonych.

WSTĘP

Zapotrzebowanie na powietrze wentylacyjne w budynkach inwentarskich spowodowane jest, przede wszystkim, koniecznością usunięcia wilgoci z tych obiektów. Nadmierna wilgotność prowadzi do zagrzybienia ścian oraz pogarsza mikroklimat w pomieszczeniu hodowlanym, co ujemnie wpływa na produkcję. Warunki samoogrzewalności zostały przedstawione przez Olkowską [1], a sposób obliczania grubości warstwy docieplenia przez Gedymina [2]. Jednakże, jednym z aspektów docieplania budynków jest jednocześnie pogarszanie ich warunków wilgotnościowych. Stosowane powszechnie płyty styropianowe – łatwe w montażu i tańsze od innych materiałów, utrudniają samoosuszanie się ścian.

Ściana zewnętrzna o złożonej konstrukcji może stanowić bierny system pozyskiwania energii słonecznej, poprawiając bilans cieplny obiektu. Konstrukcje przegród niejednorodnych zawierają elementy o dużej pojemności cieplnej (ściany masywne), przezroczyste materiały izolacyjne (TIM) lub pokrywy szklane stanowiące obudowę kanałów konwekcyjnej wymiany ciepła oraz warstwy materiałów porowatych stanowiących główną strefę transportu wilgoci.

Obieg powietrza w pomieszczeniu z przegrodą zewnętrzną niejednorodną typu ściana Trombe'a jest następujący (Rys. 1):

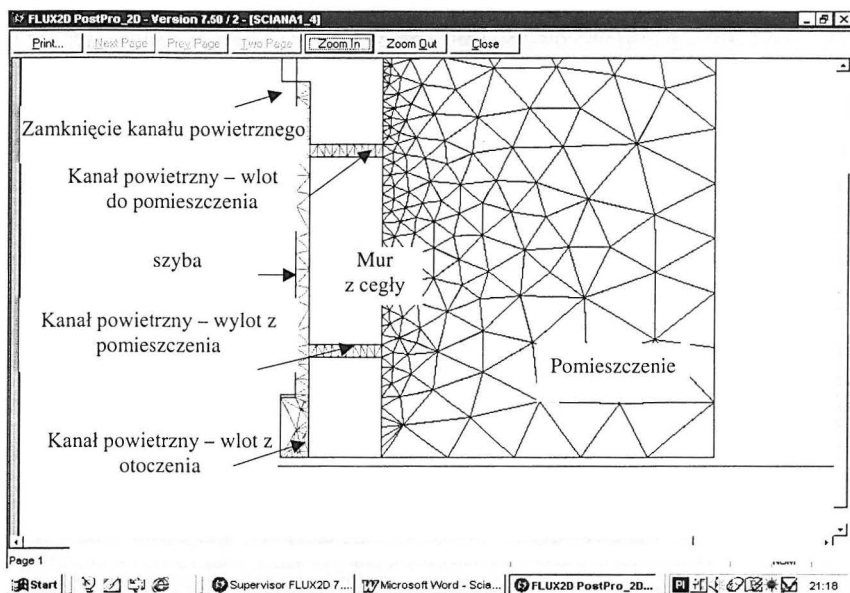
- powietrze zewnętrzne zasysane jest kanałem wlotowym poniżej pokrywy szklanej,
- na skutek ogrzewania się pod pokrywą powietrze przemieszcza się do góry w kierunku kanału wlotowego do pomieszczenia,
- w pomieszczeniu powietrze ochładza się opadając w dół,
- ochłodzone powietrze wydostaje się kanałami wylotowymi z pomieszczenia,
- w komorze pod pokrywą szklaną miesza się z powietrzem zewnętrznym i obieg ponawia się,
- w okresie nocnym kanał wlotowy zewnętrzny jest zamknięty, a w czasie chłódów nocnych lub nadmiernego nasłonecznienia stosowane jest przykrycie pokrywy szklanej.

Jednocześnie zakłada się, że pozostałe ściany są prawidłowo izolowane tak by straty ciepła przez przegrody do otoczenia były minimalne.

Rysunek 1 przedstawia schemat konstrukcji przegrody z elementami wspomagającymi wykorzystanie energii słonecznej na cele ogrzewania budynku, która została poddana analizie symulacyjnej za pomocą programu Flux 2D [5]. Na rysunku nie zaznaczono zasłon przeciwdziałających nadmiernemu napromienieniu powierzchni.

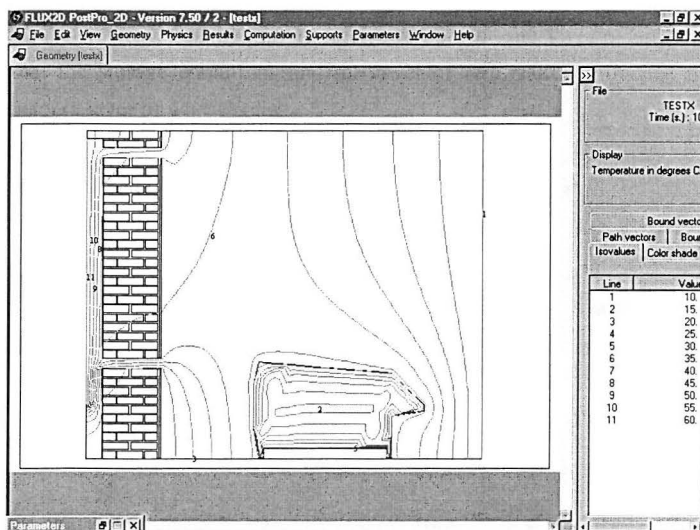
Założono, że ściana ma orientację południową. Przeprowadzona analiza symulacyjna, wykorzystująca metodę elementów skończonych, wykazała utrzymanie się temperatury nie niższej niż 15°C na wewnętrznej powierzchni ściany, gdy temperatura na zewnątrz nie spadała poniżej 5°C, bez dodatkowych źródeł ciepła wewnątrz pomieszczenia. Bardziej szczegółowo opisano procedurę analizy we wcześniejszej publikacji [3].

Rysunek 2 przedstawia wyniki analizy symulacyjnej dla stanu nieustalonego w postaci mapy izoterm w pomieszczeniu i przegrodach. Występujące izotermy na obiekcie jakim jest świnia należy zaniedbać, gdyż program nie jest przystosowany do symulacji obiektów posiadających cechy obiektów żywych.



Rys. 1. Model geometryczny ściany Trombe’a z zaznaczonymi elementami konstrukcyjnymi oraz siatką elementów skończonych poddany analizie symulacyjnej.

Fig. 1. Geometric model of a Trombe’s wall with construction elements and finite element mesh for simulation analysis.



Rys. 2. Rozkład izoterm stanu nieustalonego w analizowanym pomieszczeniu.

Fig. 2. Isotherm transient distribution in the analysed piggery building.

PORÓWNANIE

Porównując ilość powietrza wentylacyjnego wynikającą z zapotrzebowania chlewni z możliwością wentylowania przez ścianę Trombe'a można wyznaczyć szacunkową poprawę warunków termicznych w obiekcie.

Porównanie prowadzone jest pomiędzy obiektem opisanym w [1], którego wybrane dane przedstawia Tabela 1, a takim samym obiektem, w którym południową ścianę stanowiłaby konstrukcja Trombe'a. Obsadę obiektu założono wg [2].

Tabela 1. Specyfikacja chlewni i jej obsady

Table 1. Selected specification for the compared piggery and its population

Specyfikacja porównywanego obiektu	Obsada obiektu średnio dla trzody chlewnej		
ściana SW – powierzchnia bez drzwi i okien, m ²	53,7	średnia masa jednej 1 szt., kg	75
okna SW – powierzchnia, m ²	6,5	średnia obsada kojców, szt.	266,6
ilość ciepła wymagana do ogrzania wentylowanej masy powietrza dla tuczników W·h ⁻¹	37383	jednostkowe ciepło dysponowane, W·kg ⁻¹	0,534
całkowite straty ciepła przez ścianę SW, W·h ⁻¹	3034	ciepło emitowane przez obsadę, W·h ⁻¹	16850

Ilość powietrza wentylacyjnego dla chlewni powinna się wahać w granicach 0,12-0,7 m³·h⁻¹ na kg masy ciała. Przy średniej obsadzie przykładowej wg [2] 266,6 szt. i średniej masie ciała 75 kg otrzymujemy minimalny strumień powietrza wentylacyjnego 2399,4 m³·h⁻¹, a maksymalny 13996,5 m³·h⁻¹.

Kanały powietrzne ściany Trombe'a pozwalają na dostarczenie powietrza zewnętrznego ogrzanego o około $\Delta T = 15K$ i o niższej wilgotności względnej o około 40%, z prędkością do 0,8 m·s⁻¹ (jak dla wentylacji naturalnej) przez otwory 0,0495 m²·m⁻² ściany. Spadek wilgotności względnej powietrza został wyznaczony na podstawie odczytu z wykresu h-x Molliera dla założonego ogrzania na skutek przepływu przez kanały w ścianie słonecznej o ΔT .

Korzystając z [1] można przyjąć 60,2 m² powierzchnię ściany, co daje strumień powietrza do 8582,1 m³·h⁻¹. Jest to ilość powietrza w środkowym zakresie zapotrzebowania. W niskich temperaturach istnieje możliwość ograniczenia tego strumienia do minimalnego poprzez przesłonięcie otworów wentylacyjnych. Można zatem spodziewać się, że wyznaczony tamże ujemny bilans cieplny

między ciepłem emitowanym a stratą ciepła spowodowaną wentylacją w wysokości -20533 Wh ulegnie likwidacji. Prawdopodobne są nawet nadwyżki ciepła pozwalające poprawić całkowity bilans cieplny, który jest pogarszany stratami ciepła przez przegrody budowlane.

Zastosowanie ściany kolektorowej powoduje, że na tej ścianie rezygnujemy z izolacji styropianem bezpośrednio na przegrodzie, a jedynie można ją zastosować na pokrywach nocnych. Jednakże, jak pokazuje obraz izoterm na Rys. 2, ściana ta w ciągu dnia nie ulega wychłodzeniu nawet w niskich temperaturach. Uzyskuje się wtedy kolejną poprawę bilansu cieplnego, gdyż nie będą występowały straty ciepła od tej przegrody w wysokości $3034 \text{ W}\cdot\text{h}^{-1}$.

Jak stwierdzano wielokrotnie [4] rolnik jest zarazem inwestorem jak i wykonawcą, dlatego wszelkie koncepcje prac modernizacyjnych powinny uwzględniać jego techniczne możliwości. Ściany tego typu aczkolwiek stanowią rozwiązanie niekonwencjonalne, to jednak są proste w wykonaniu i dostępne dla większości gospodarstw.

WNIOSKI

Z powyższego porównania wynika, że zastosowanie ścian słonecznych może znacznie poprawić bilans cieplny o ok $23,5 \text{ kWh}$ oraz warunki wilgotnościowe budynków inwentarskich poprzez dostarczanie powietrza o wilgotności względnej niższej o 40% niż powietrze zewnętrzne. Wykonane obliczenie jest przybliżone. Mimo, że w warunkach rzeczywistych temperatury zewnętrzne spadają czasami do -20°C jednoczesne wykorzystanie ściany słonecznej i zastosowanie odpowiednich dociepleń na pozostałych ścianach zgodnie z [1] i [2] poprawi samogrzewalność budynku z zastrzeżeniem potrzeby dogrzewania prosiąt w kojcach porodowych.

PIŚMIENNICTWO

1. **Olkowska W.:** Zagadnienie samogrzewalności budynku inwentarskiego. Problemy Inżynierii Rolniczej, 1, 109-119, 1995.
2. **Gedymin M.:** Uproszczona metoda obliczania grubości warstwy docieplenia samogrzewalnych budynków dla trzody chlewnej, Problemy Inżynierii Rolniczej, 1, 57- 63, 2000.
3. **Wójcicka-Migasiuk D.:** Analiza stanów termicznych w zewnętrznych przegrodach budowlanych wykorzystywanych w biernych systemach pozyskiwania energii słonecznej. Techniczne, Ekologiczne i Ekonomiczne Aspekty Energii Odnawialnej, Wyd. SGGW, Warszawa, 104- 111, 2001.

4. **Szeptycki A.:** Problemy infrastruktury technicznej w regionach wiejskich. Problemy Inżynierii Rolniczej, 1, 65-70, 2000.
5. Cedrat, Flux 2D v.7.50 Tutorials 2000.

TROMBE'S WALL INCORPORATED IN A PIGGERY BUILDING CONSTRUCTION

D. Wójcicka-Migasiuk

Department of Heating, Ventilation and Automation, University of Technology
ul. Nadbystrzycka 40, 20-618 Lublin
e-mail: dorota@akropolis.pol.lublin.pl

Abstract. The basis for this paper is formed on the reference that provide assumptions to provide self-heating of livestock buildings and the simulation analysis. There has been found that the application of a composed structure, called Trombe's wall, can distinctly improve thermal and air humidity conditions in these objects. This can be achieved with no additional energy supply. Some average calculation of thermal balance estimation is presented. Figures show FEM mesh on the analysed object and transient results.

Key words: self- heating piggery buildings, FEM, transient analysis, temperature field.