

METODY OKREŚLANIA TEMPERATURY WEWNĘTRZNEJ W BUDYNKACH DLA BYDŁA

Tadeusz Głuski

Katedra Melioracji i Budownictwa Rolniczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. Podstawową metodą wykorzystywaną w procesie projektowania mikroklimatu w budynkach inwentarskich jest metoda klasyczna. W oparciu o tą metodę powstały metody zarówno analityczne jak i graficzne. Można je zaliczyć do jednej grupy metod, które wykorzystują model statyczny wymiany ciepła w budynku. Zakładają one stałą temperaturę powietrza zewnętrznego i wewnętrznego, wymianę ciepła według warunków ustalonych i nie pozwalają na obliczanie parametrów mikroklimatu w zależności od zmiennych warunków klimatu zewnętrznego. Opracowano metodę projektowania mikroklimatu w oparciu o statyczno-dynamiczny model wymiany ciepła.

Słowa kluczowe: budynek inwentarski, parametry mikroklimatu, metody obliczeń

Wykaz oznaczeń:

A	– powierzchnia przegrody budowlanej [m^2],
c_p	– ciepło właściwe powietrza w zakresie temperatur w hali zwierząt [$J \cdot m^{-3} \cdot K$],
k_j	– współczynnik uwzględniający wilgotność podłogi i paszy,
m	– masa zwierząt [kg],
p	– czas trwania ciąży [dni],
t_e	– obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego [$^{\circ}C$],
t_i	– obliczeniowa temperatura powietrza wewnętrznego [$^{\circ}C$],
U	– współczynnik przenikania ciepła przegrody budowlanej [$W \cdot m^{-2} \cdot K$]
Y_l	– dzienna produkcja mleka [kg]
Φ_b	– straty ciepła drogą przenikania przez przegrody budowlane [W],
Φ_{wj}	– straty ciepła jawnego drogą wentylacji [W]
Φ_{zc}	– ciepło całkowite emitowane przez zwierzęta [W]
Φ_{zj}	– ciepło jawne emitowane przez zwierzęta [W].

Wprowadzenie

Budynek inwentarski wraz z obsadą zwierzęcą i otoczeniem zewnętrznym stanowi skomplikowany układ dynamiczny wzajemnie ze sobą powiązanych i zmiennych w czasie elementów. W hali zwierząt kształtuje się mikroklimat, który jest wynikiem procesów wymiany ciepła pomiędzy otoczeniem zewnętrznym a budynkiem oraz pomiędzy otocze-

niem wewnętrznym a zwierzętami [Głuski 1999]. Na mikroklimat mają również wpływ procesy technologicznych związanych z obsługą zwierząt, układ funkcjonalny i rozwiązania konstrukcyjne budynku oraz rodzaj i sposób działania systemu wentylacyjnego. Na mikroklimat składają się takie czynniki jak temperatura i wilgotność powietrza, zawartość szkodliwych gazów w powietrzu, prędkość ruchu powietrza oraz oświetlenie.

Złożoność tego układu powoduje, że problem projektowania budynku z punktu widzenia kształtowania mikroklimatu w hali zwierząt jest zagadnieniem trudnym i złożonym a uwzględnienie wszystkich elementów, szczególnie ich zmienności w czasie wręcz niemożliwe.

Elementy wpływające na mikroklimat w budynku

Większość elementów mających wpływ na mikroklimat w hali zwierząt charakteryzuje się zmiennością w czasie. Zmienność ta może być stosunkowo niewielka i mieć charakter zbliżony do zależności liniowej jak na przykład codzienne przyrosty masy ciała zwierząt. Może mieć również charakter cykliczny i krzywoliniowy, jak wydajność dzienna mleka uzależniona od fazy laktacji. Najtrudniejsze do uwzględnienia są jednak zmiany czynników klimatu zewnętrznego, które zależą od pory dnia, pory roku oraz pogody [Głuski 2003].

Czynniki kształtujące mikroklimat w hali zwierząt są wynikiem stałego oddziaływania następujących elementów:

- klimat zewnętrzny, na który składa się głównie temperatura i wilgotność powietrza, ale duże znaczenie ma również siła i kierunek wiatru oraz nasłonecznienie. Elementy te są zmienne w czasie, zależą od pory roku, pory dnia oraz aktualnie panującej pogody.
- obsada zwierzęca, od której zależy ilość wydzielanego ciepła, pary wodnej i dwutlenku węgla. Ilość ciepła emitowanego przez zwierzęta zależy od masy ciała, dziennej produkcji mleka, wartości kalorycznej paszy i temperatury powietrza w hali zwierząt. Masa krowy zwiększa się aż do osiągnięcia masy całkowitej wieku dojrzałego, wydajność mleka zależy od fazy okresu laktacji, w której znajduje się krowa mleczna a temperatura w hali zwierząt zależy między innymi od ilości ciepła wydzielanego przez zwierzęta.
- budynek inwentarski, od którego zależą straty ciepła drogą przenikania. Zależą one od rozwiązań konstrukcyjnych, istnienia poddasza użytkowego z magazynem ściółki i pasz objętościowych oraz właściwości termicznych przegród budowlanych. Duże znaczenie mają materiały, z których wykonane są przegrody ponieważ oprócz wartości współczynnika przenikania ciepła wpływa to na pojemność cieplną elementów budowlanych, stateczność cieplną hali zwierząt oraz zagrożenie wystąpienia zjawiska kondensacji pary wodnej w przegrodach.
- system wentylacyjny - od którego zależą straty ciepła drogą wentylacji. Rozwiązanie tego systemu jest podstawowym czynnikiem decydującym o ilości powietrza wentylacyjnego a więc jakości mikroklimatu w hali zwierząt. W przypadku wentylacji grawitacyjnej na ilość wymianianego powietrza wpływa powierzchnia otworów nawiewnych i wywiewnych, różnica wysokości między nimi, różnica temperatur powietrza wewnętrznego i zewnętrznego, siła i kierunek wiatru oraz regulacja wielkości otworów za pomocą przepustnic.

Metody projektowania mikroklimatu

Od dawna znanych jest cały szereg metod wymiarowania termicznego budynków inwentarskich, które można podzielić na metody prognostyczno-założeniowe oraz metody finalne [Wolski 1988]. Metody prognostyczno-założeniowe pozwalają na określenie stanu cieplnego budynków inwentarskich w czasie wykonywania założeń dokumentacji technicznej oraz pomagają ustalić przybliżone dane wyjściowe do projektowania. Do metod tych należą:

- metoda Petita i Debruyckere’a,
- metoda Bournasa, Forgeta i Jonguoya,
- metoda Wajdzika,
- metoda kształtowania cieplnego budynku inwentarskiego,
- metoda optymalnego przebiegu zjawiska samoogrzewalności.

Metody finalne umożliwiają przeprowadzenie obliczeń wymiarowania termicznego budynków inwentarskich zarówno na etapie projektowania jak i w czasie eksploatacji budynku. W metodach tych przy założeniu ustalonej wymiany ciepła porównuje się strumienie ciepła doprowadzanego i odprowadzanego z budynku. Należą do nich:

- metoda klasyczna,
- metoda WWT,
- metoda uproszczona WWT.

Wymienione wyżej metody prezentują zróżnicowane podejście do problemu projektowania mikroklimatu, uwzględniają różne czynniki wpływające na ten mikroklimat, ale ich wspólną cechą jest to, że wykorzystują podstawową zależność z metody klasycznej, która porównuje zyski i straty ciepła. We wszystkich metodach przyjęto założenie, że wymiana ciepła odbywa się według warunków ustalonych a obliczenia wykonywane są dla przyjętej obliczeniowej temperatury powietrza zewnętrznego (zależnej od strefy klimatycznej) i obliczeniowej temperatury powietrza wewnętrznego (zależnej od rodzaju zwierząt) [Siarowski, Głuski 2003]. Metody te nie pozwalają na obliczenie temperatury powietrza w hali zwierząt dla różnych i zmiennych warunków otoczenia.

Cel pracy

Celem pracy było zbudowanie takiego systemu projektowania mikroklimatu w budynkach dla bydła, który opisuje procesy zachodzące w analizowanym obiekcie w sposób możliwie najbardziej zbliżony do rzeczywistości w dowolnych warunkach otoczenia. System powinien uwzględniać układ funkcjonalny budynku i jego rozwiązania konstrukcyjne oraz powinien wyznaczać rozkład temperatur powietrza we wszystkich pomieszczeniach budynku dla zmiennych warunków otoczenia.

Metoda obliczania parametrów mikroklimatu

Budynek inwentarski stanowi złożony układ termodynamiczny wzajemnie powiązanych ze sobą elementów, a temperatury powietrza w poszczególnych pomieszczeniach stale się wahają, co jest wynikiem dążenia całego układu do stanu równowagi cieplnej pod wpływem zmiennych warunków otoczenia. Z powyższych rozważań wynika, że dla każdego

pomieszczenia można sporządzić bilans ciepła i wyznaczyć temperaturę powietrza na określonej chwili przy założeniu, że ten wydzielony układ dąży do równowagi czyli bilans ciepła dąży do zera.

Ogólny opis systemu:

1. Przyjęcie wartości parametrów opisujących klimat zewnętrzny z uwzględnieniem zmian dobowych. Dotyczy to głównie temperatury i wilgotności powietrza, siły i kierunku wiatru, nasłonecznienia oraz dowolnej kombinacji tych czynników.
2. Przyjęcie wielkości przedziału czasowego, dla którego wykonywany będzie cały cykl obliczeń.
3. Ustalenie przewidywanej wielkości i struktury stada w analizowanym okresie obliczeniowym na podstawie istniejącej obsady zwierzęcej w gospodarstwie i projektowanym jego rozwoju, kierunku użytkowania, zakupie nowego materiału itp.
4. Obliczenie temperatur powietrza we wszystkich przestrzeniach zamkniętych budynku na podstawie bilansu ciepła w tych pomieszczeniach.
5. Obliczenie temperatury i wilgotności powietrza w hali zwierząt dla każdego przedziału czasowego na podstawie bilansu ciepła jawnego:

$$\Phi_{zj} = \Phi_b + \Phi_{wj} \quad [\text{W}] \quad (1)$$

$$\Phi_b = A \cdot U \cdot (t_i - t_e) \quad [\text{W}] \quad (2)$$

$$\Phi_{wj} = V_p \cdot c_p \cdot (t_i - t_e) \quad [\text{W}] \quad (3)$$

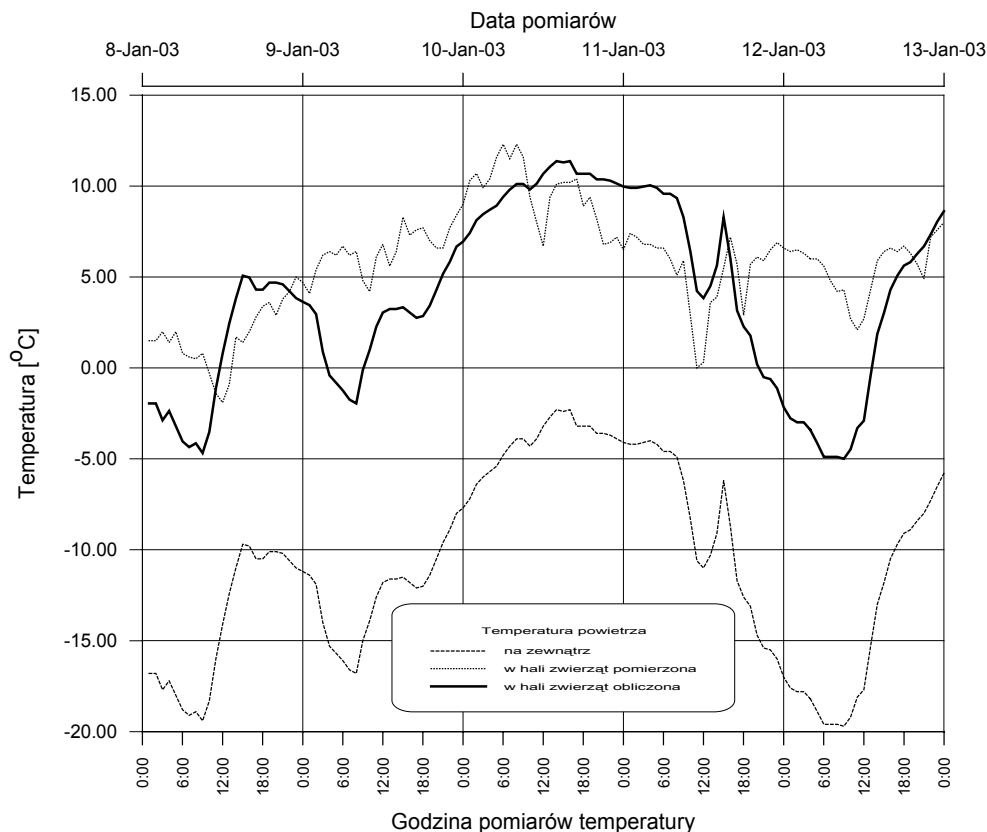
Ilość produkowanego ciepła jawnego i całkowitego przez krowy mleczne w zależności od temperatury powietrza wewnętrznego, dziennej produkcji mleka i dnia ciąży podają Pedersen i Sällvik [2002]:

$$\Phi_{zj} = (0,71 \cdot \Phi_{zc} - 0,408 \cdot t_i^2) \cdot k_j \quad [\text{W}] \quad (4)$$

$$\Phi_{zc} = 5,6m^{0,75} + 22Y_1 + 1,6 \cdot 10^{-5} p^3 \quad [\text{W}] \quad (5)$$

Weryfikacja metody

W celu weryfikacji metody porównano temperatury powietrza pomierzone w obiekcie rzeczywistym i obliczone przy wykorzystaniu opracowanej metody. Do badań wybrano oborę wolnostanowiskową o konstrukcji halowej bez poddasza użytkowego i systemem wentylacji naturalnej ze szczeliną kalenicową. Pomiar temperatury powietrza w hali zwierząt oraz na zewnątrz zostały wykonane przy pomocy rejestratorów temperatury. Porównanie temperatur pomierzonych z obliczonymi w hali zwierząt przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Temperatura powietrza w hali zwierząt pomierzona i obliczona oraz temperatura powietrza na zewnątrz

Fig. 1. Measured and computed air temperature in room for animals, and outside air temperature

Podsumowanie i wnioski

Opracowano metodę obliczania parametrów mikroklimatu w budynkach dla bydła, która umożliwia symulację zachowania budynku z punktu widzenia mikroklimatu w hali zwierząt dla dowolnych warunków otoczenia i stanowi podstawę nowego podejścia do projektowania mikroklimatu w budynkach dla bydła. Metoda uwzględnia wszystkich zmienne w czasie elementy, które mają wpływ na mikroklimat w hali zwierząt oraz umożliwia symulację zmian temperatury powietrza wewnętrznego w zależności od klimatu zewnętrznego. Analiza wykresów temperatury pomierzonej i obliczonej wskazuje jednak na potrzebę pełniejszego uwzględnienia pojemności cieplnej elementów budowlanych, która wpływa na stateczność cieplną pomieszczenia.

Bibliografia

- Głuski T.** 1999. Badania symulacyjne procesów wymiany ciepła w budynkach dla bydła. Inżynieria Rolnicza. Nr 5(11) Kraków, s. 305-310.
- Głuski T.** 2003. Temperatury obliczeniowe w klasycznej metodzie bilansowania ciepła w budynkach inwentarskich. Inżynieria Rolnicza. Nr 9(51) s. 325-333.
- Pedersen S., Sällvik K.** 2002. Heat and moisture production at animal and house levels. 4th Report of Working Group on Climatization of Animal Houses. CIGR. Horsens.
- Siarkowski Z., Głuski T.** 2000. Obliczeniowe temperatury zewnętrzne i ich wpływ na bilans cieplny budynku inwentarskiego. Inżynieria Rolnicza. Nr 8(19) s. 243-248.
- Wolski L.** 1988. Mikroklimat w budynkach inwentarskich. PWN. Warszawa.

METHODS APPLIED TO DETERMINE INDOOR TEMPERATURE IN BUILDINGS FOR LIVESTOCK

Abstract. The primary method used in the process of designing microclimate in buildings for livestock is the classic method. Both analytical and graphical methods were developed on the basis of this method. They may be classified in one group of methods, which make use of a static model for heat exchange in a building. They assume constant temperature of inside and outside air, heat exchange according to predetermined conditions, and they do not allow to compute microclimate parameters in relation to changeable conditions of outside climate. A method for microclimate designing based on static and dynamic heat exchange model was developed.

Key words: building for livestock, microclimate parameters, computation methods

Adres do korespondencji:

Tadeusz Głuski; e-mail: tadeusz.gluski@ar.lublin.pl
Katedra Melioracji i Budownictwa Rolniczego
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Leszczyńskiego 7
20-069 Lublin