

METODA USTALANIA WYMAGANEJ TEMPERATURY W CHLEWNI Z UWZGLĘDNIENIEM AKTYWNOŚCI ZWIERZĄT

Kazimierz Wrotkowski

Katedra Maszyn i Urządzeń Rolniczych, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. Zaproponowano procedurę ustalania wymaganej temperatury powietrza w tuczarni świń z uwzględnieniem aktywności fizycznej zwierząt. W metodzie wykorzystano model teoretyczny bilansu cieplnego organizmu zwierzęcia dla warunków termoobojętnych, w którym oprócz innych uwarunkowań wprowadzono „uśrednioną” aktywność fizyczną zwierząt, zależną od harmonogramu żywienia i prac obsługowych w obiekcie. Zaletą metody jest to, że wymagana temperatura ustalana jest na podstawie termicznej odczuwalności otoczenia przez zwierzę, tj. adekwatnie do zmian strumienia ciepła oddawanego przy zmianie pozycji ciała.

Słowa kluczowe: temperatura w pomieszczeniu, aktywność zwierząt, bilans cieplny organizmu zwierzęcia, metoda

Wykaz oznaczeń

- t_i – temperatura w strefie pobytu zwierząt [$^{\circ}\text{C}$],
 h – godzina doby.

Wykaz indeksów

- min – godzina doby z minimalną aktywnością zwierząt,
 g – w pozycji leżącej przy utrzymaniu grupowym (do 15 szt. w grupie),
 st – w pozycji stojącej,
 DTK – w warunkach dolnej temperatury krytycznej (przy maks. oporności tkankowej),
 GTK – w warunkach górnej temperatury krytycznej (przy min. oporności tkankowej),
 zdn – temperatura zmienna w okresie nocy,
 zdd – temperatura zmienna w okresie dnia,
 zd – temperatura zmienna w okresie doby,
 wym – temperatura wymagana.

Wprowadzenie

Przy projektowaniu wentylacji w chlewni kwestia wymagań termicznych w przebiegu dobowym dotychczas nie była rozważana. Jednak z uwagi na stwierdzone wahania emisji ciepła wywołane głównie aktywnością zwierząt w materiałach CIGR [Pedersen, Sällvik (eds) 2002] podano zasady różnicowania wydajności wentylacji z wykorzystaniem wprowadzonego współczynnika aktywności zwierząt „a”. Wskaźnik ten jest wielkością o charakterze statystycznym, którego zmiany są powiązane z organizacją pracy w chlewni, a głównie z pobieraniem paszy przez zwierzęta. Zgodnie z wymienionym źródłem, w przypadku macior laktujących przyjmuje wartość 35% ($a = 0,35$), prosiąt 65% ($a = 0,65$), świń utrzymywanych na głębokiej ściółce 53% ($a = 0,53$) oraz świń tuczonych na podłodze częściowo rusztowej 43% ($a = 0,43\%$). Z porównania wartości wynika, że współczynnika ten jest zależny od technologii chowu, rodzaju legowiska oraz wieku zwierzęcia.

Analiza zasad ustalania intensywności wentylacji podanych w cytowanych materiałach wykazała, że obliczenia nie są prowadzone na poziomie bilansu cieplnego organizmu zwierzęcia (jak być powinno), lecz na poziomie bilansu cieplnego pomieszczenia. Stąd też uznano, że wyprowadzane z obliczeń wnioski o potrzebie zwiększania wydajności wentylacji proporcjonalnie do wzrostu emisji ciepła nie mogą być uznane za prawidłowe.

Przyczyna tej nieprawidłowości wydaje się być oczywista i dana jest oparciem powyższych zasad o wyniki pomiarów produkcji ciepła uzyskiwanych metodą kalorymetrii pośredniej, gdzie komorę stanowi cały obiekt (lub kojec). W warunkach tych zwierzę zmieniając pozycję ciała z leżącej w grupie na stojącą zwiększa pole powierzchni skóry biorącej udział w wymianie ciepła. Przykładowo McDonald i in. [1988] stwierdzili, że u świń utrzymywanych indywidualnie przyjęcie postawy stojącej i pozostanie w niej przez okres dłuższy niż 4 minuty wiązało się z 95% wzrostem emisji ciepła w stosunku do wartości uzyskanych podczas odpoczynku. Można zakładać, że stwierdzone zmiany emisji mogą być wielkościami wymuszonymi, będącymi skutkiem oddziaływania termicznego otoczenia na zwierzę. Z emisją tą sumuje się emisja z odsłoniętej powierzchni legowiska, stanowiąca element zakłócający w ocenie faktycznych wymagań zwierzęcia. Ma to zasadnicze znaczenie dla ustalenia właściwej temperatury dla okresów wypoczynku i aktywności zwierząt.

Uznano, że wymienionych wad uniknie się, jeśli wymagana temperatura będzie ustalana z bilansu dobowej produkcji ciepła organizmu i jego strat dla konkretnych uwarunkowań technologicznych [Wrotkowski 2006a]. W metodzie tej, oprócz uśrednionego przebiegu temperatury dobowej - przydatnego dla punktowej regulacji wydajności wentylacji, możliwe jest wyznaczenie jej przedział - z odpowiednich wartości górnych i dolnych temperatur krytycznych.

Proponowana metoda określania dopuszczalnych zmian temperatury dobowej

W trakcie opracowywania metody rozpatrzono dwie koncepcje, zgodnie z którymi w pierwszym przypadku założono, że:

- temperaturę powietrza w chlewni powinna znajdować się w przedziale temperatur „absolutnie” obojętnych, tj. mieszczących się w przedziale termoobojętnym niezależnie od przyjmowanej przez zwierzę pozycji ciała;

Metoda ustalania...

- dopuszczalne wahania temperatury wewnętrznej w pomieszczeniu powinny mieścić się w przedziale temperatur obojętnych określonych dla dobowej produkcji ciepła w warunkach termoobojętnych, zmieniającej się zgodnie z aktywnością zwierząt, gdzie:
- minimalne wartości ustala się dla zwierzęcia pozostającego w pozycji leżącej pojedynczo lub grupowo (w zależności od technologii utrzymania), natomiast wartości maksymalne - dla zwierzęcia pozostającego w pozycji stojącej,
 - przy wyznaczaniu dobowych zmian temperatur przyjmuje się przebieg sinusoidalny od wartości minimalnej do maksymalnej z wartościami szczytowymi zgodnymi z aktywnością zwierząt określoną w cytowanych materiałach CIGR.

Wychodząc z powyższego, przy założeniu „jednogarbnej” krzywej aktywności określanej mianem „dromadera”, wielkość chwilowa dolnej temperatury krytycznej przy utrzymaniu grupowym będzie wynosić:

$$t_{DTKzd_g} = \frac{t_{DTKst} + t_{DTKg}}{2} - \frac{t_{DTKst} - t_{DTKg}}{2} \cdot \sin\left[\frac{2 \cdot \pi}{24} \cdot (h + 6 - h_{min})\right] \quad (1)$$

W przypadku technologii chowu uzasadniającej zastosowanie „dwugarbnej” krzywej, określanej mianem „baktriana”, temperaturę chwilową dla okresu dnia przy utrzymaniu grupowym proponuje się określać z zależności:

$$t_{DTKdd_g} = \frac{t_{DTKst} + t_{DTKg}}{2} - \frac{t_{DTKst} - t_{DTKg}}{2} \cdot \left\{ \sin\left[\frac{2 \cdot \pi}{24} \cdot (h + 6 - h_{min})\right] + c \cdot \sin\left[\frac{2 \cdot \pi}{11} \cdot (h - 11,3)\right] \right\} \quad (2)$$

natomiast dla okresu nocy:

$$t_{DTKzdn_g} = \frac{t_{DTKst} + t_{DTKg}}{2} - \frac{t_{DTKst} - t_{DTKg}}{2} \cdot \sin\left[\frac{2 \cdot \pi}{24} \cdot (h + 6 - h_{min})\right] \quad (3)$$

Występująca w tych zależnościach połowiczna wartość różnicy dolnych temperatur krytycznych określa dobową amplitudę zmian temperatury, natomiast współczynnik „c” wyraża zróżnicowanie aktywności między godzinami przed południem i po południu. Wyznacza się go z proporcji amplitudy zmiany aktywności w godzinach dziennych (6^{00} - 22^{00}) do jej wielkości ustalonej dla całej doby.

W konkretnych warunkach wielkość współczynnika „c” zależy od czasu wystąpienia minimalnej aktywności zwierząt (godziny nocne). Przeprowadzone obliczenia dla różnych okresów występowania owego minimum, przyjmowanego zgodnie z danymi wspomnianego IV raportu CIGR [Pedersen, Sällvik (eds) 2002], wykazały, że średnia jego wartość mieści się w granicach 0,75.

Różnica między odpowiadającymi sobie wielkościami dolnej i górnej temperatury krytycznej, zmieniającej się od wartości ustalonej dla zwierzęcia pozostającego w postawie stojącej do wartości ustalonej dla zwierzęcia leżącego pojedynczo lub w grupie, stanowi odpowiednik pojęcia strefy temperatur obojętnych. Stąd też przy ustalaniu wymaganej w pomieszczeniu temperatury powietrza w przebiegu dobowym lub przy „kopiowaniu” schematu dobowego obciążenia termicznego organizmu z uwzględnieniem aktywności fizycznej zwierząt można zastosować procedurę zgodną z metodyką ustalania temperatury adekwatnej [Wrotkowski 2006b, c]. Dostosowując ją do danego przypadku uzyskujemy:

$$t_{wym_zd_i} = \delta \cdot (t_{wym_srd} - t_{DTKzd_g_srd}) + t_{DTK_g_i} \quad (4)$$

gdzie:

$$\delta = \frac{t_{GTKzd_g_i} - t_{DTKzd_g_i}}{t_{GTKzd_g_srd} - t_{DTKzd_g_srd}} = \frac{t_{wym_zd_i} - t_{DTKzd_g_i}}{t_{wym_zd_srd} - t_{DTKzd_g_srd}} \quad (5)$$

Podstawę takiego sposobu wyznaczania wymaganej temperatury stanowi równowaga bilansowa produkcji i emisji ciepła metabolicznego w cyklu dobowym. Przy jej ustalaniu niezbędne jest wcześniejsze określenie średniej wielkości obu temperatur krytycznych i godzin ich występowania w ciągu doby.

W modelu aktywności typu „dromader” wartość średnią temperatury wyraża człon pierwszy równania (1), zaś godziny jej występowania odpowiadają zerowej wartości drugiego jej członu. A zatem:

$$t_{DTKzd_g_srd} = \frac{t_{DTKst} + t_{DTKg}}{2} \quad (6)$$

$$h = (h_{min} - 6) + i \cdot 12, \quad i \in (1, 2) \quad (7)$$

W przypadku aktywności typu „baktrian” zwierzę w ciągu doby pozostaje dłużej w pozycji stojącej, stąd też jego odczuwalność termiczna otoczenia jest wyższa, niż w modelu pierwszym. Dokładną wielkość średniej temperatury uzyskamy całkując łącznie równanie (2) i (3) w przedziale czasowym obejmującym jedną dobę i dzieląc uzyskany wynik przez 24 godziny. W praktyce jednak do określenia obu wielkości wystarczy posłużyć się zależnościami przybliżonymi, a mianowicie:

$$t_{DTKzd_g_srd} = \frac{t_{DTKst} + t_{DTKg}}{2} + 0,110 \cdot \frac{t_{DTKst} - t_{DTKg}}{2} \quad (8)$$

$$h = h_{min} + 5,04 + i \cdot 14,40 \quad i \in (0, 1) \quad (9)$$

Potrzeba określenia pojedynczej wartości wymaganej temperatury powietrza w pomieszczeniu w przebiegu dobowym, zamiast posługiwania się przedziałem górnej i dolnej temperatury krytycznej, może być też podyktowana wymogami zastosowanego sterownika wentylacji.

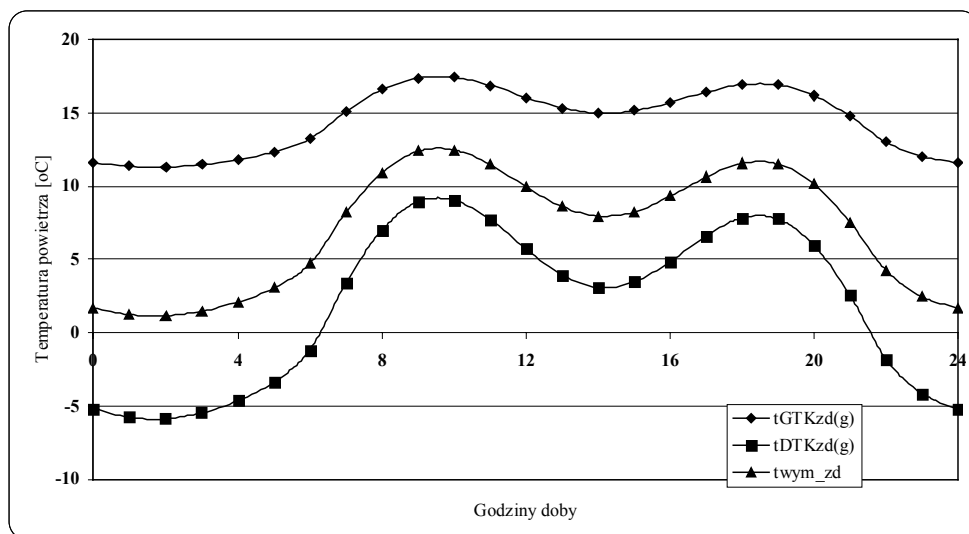
Wyniki zastosowania proponowanych procedur ustalania dopuszczalnych zmian temperatury dobowej w chlewni

Stosując metodę pierwszą do wyznaczenia wymaganej temperatury dla grupowo utrzymanych zwierząt na ściółce ustalono, że strefa ta dla normalnego poziomu żywienia leży między górną temperaturą krytyczną określoną dla świń odpoczywających w grupie a dolną temperaturą krytyczną dla zwierzęcia stojącego. Natomiast przy utrzymaniu grupowym na podłodze szczelinowej żelbetowej strefę tę wyznacza górna temperatura krytyczna dla zwierząt wypoczywających w grupie i dolna temperatura krytyczna dla zwierzęcia leżącego pojedynczo. Ustalone wartości liczbowe wykazały, że w obu przypadkach chodzi o stosunkowo wąski przedział temperatur od 0°C (praktyczna zgodność obu temperatur) do ok.

4,7°C. Przyjęcie tak wąskiego przedziału regulacyjnego uznano za ekonomicznie nieuzasadnione i jednocześnie nie znajdujące poparcia w praktyce hodowlanej. To posłużyło do odrzucenia tej metody ustalania wymaganej temperatury w chlewni.

Znacznie większy przedział regulacyjny stwarza druga metoda ustalania wymaganej temperatury oparta na analizie odczuwalności termicznej otoczenia przez zwierzę określanej z dobowej produkcji ciepła dla warunków termoobojętnych. Spełnienie tego warunku zakłada, że w sytuacji niewielkich przekroczeń temperatur krytycznych nie dojdzie do zmian dobowej emisji ciepła, ponieważ będą one pokrywane ciepłem kumulowanym w organizmie lub oddawanym z organizmu z jednoczesnym wymuszeniem na zwierzęciu zachowań przeciwdziałających wzrostowi termogenezy, będącej wyższym stopniem dostosowania.

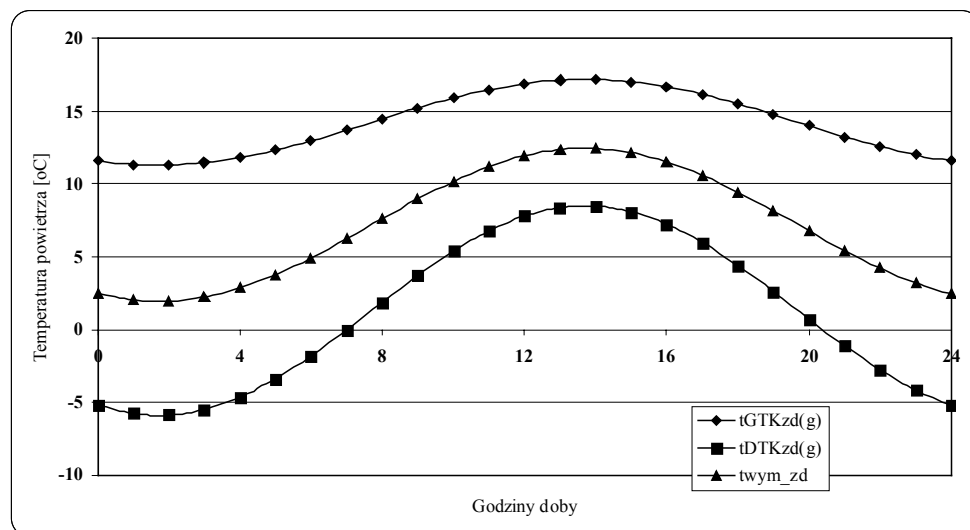
Należy zauważyć, że ustalone z modelu teoretycznego zwierzęcia wielkości górnej i dolnej temperatury krytycznej zależą od genotypu, intensywności żywienia, liczebności grupy, rodzaju legowiska i pozycji ciała zwierzęcia. Przykładowo wartości dla świń populacji krajowej utrzymanych na różnych legowiskach przy żywieniu normatywnym [Urbańczyk i in. (red.) 1993], mieściły się w przedziale od ok. -3 °C do ok. +15 °C. Natomiast wymagane w pomieszczeniu temperatury w przebiegu dobowym np. dla świń o wadze 50 kg utrzymanych w grupach liczących po 15 sztuk na legowisku ściółkowym ustalone zgodnie z pierwszym modelem aktywności ilustruje rys. 1. Zmiany tej samej temperatury, lecz określone zgodnie z drugim modelem aktywności fizycznej zwierząt przedstawia rys. 2.



Źródło: opracowanie własne autora

Rys. 1. Wymagana temperatura w pomieszczeniu ustalona dla świń o wadze 50 kg zgodnie z pierwszym modelem aktywności

Fig. 1. The required temperature in a room determined for a swine weighing 50 kg according to the first activity model



Źródło: opracowanie własne autora

- Rys. 2. Wymagana temperatura w pomieszczeniu ustalona dla świń o wadze 50 kg zgodnie z drugim modelem aktywności
- Fig. 2. The required temperature in a room determined for a swine weighing 50 kg according to the second activity model

Na przedstawionych wykresach wymagana temperatura w pomieszczeniu podlega zmianom cyklicznym, zmniejszając się w okresie nocy do wartości zapewniającej wymianę ciepła zgodną z technologią produkcji u zwierząt leżących w grupie oraz wzrasta w okresie dnia do wartości odpowiadającej warunkom wymiany ciepła u wszystkich zwierząt pozostających w pozycji stojącej.

Podsumowanie

Zaproponowana metoda pozwala określać zmieniające się wymagania zwierząt zarówno w formie pojedynczej wielkości temperatury w chlewni, jak i jej przedziału, zaś zasady jej ustalania ujęte w postaci analitycznej mogą być z łatwością zaimplementowane do programu sterownika zarządzającego intensywnością wentylowania i ogrzewania chlewni.

Sterowanie wentylacją według temperatury uwzględniającej aktywność zwierząt stwarza warunki do znacznych oszczędności inwestycyjnych i energetycznych, wynikających z mniejszych gabarytów i zapotrzebowania na energię elektryczną urządzeń wentylacyjnych (mniejsze różnice w wydajności między nocą i dniem) oraz na energię cieplną (zgodność zmian temperatury zewnętrznej i wewnętrznej). Potwierdzenie zasadności takiego

sposobu projektowania wentylacji znajdujemy w badaniach Milanuka i in. [1989], Nienabera i Hahna [1989] oraz Sheltona i Brumma [1986, 1988].

Zjawisko wzrostu temperatury w pomieszczeniu w okresach największej aktywności zwierząt i jej spadku w okresach nocnych stwierdzano w badaniach własnych, prowadzonych w chlewniach wyposażonych w wentylację naturalną. Przyczyn stwierdzonej samostnej dobowej zmienności temperatury wewnętrznej upatrywano głównie w niewystarczającej wydajności wentylacji, małej ciepłochronności budynków oraz w znacznych spadkach temperatury w nocy. Opracowana metodyka pozwoliła na doprecyzowanie wymagań zwierząt, a zatem również umożliwiła właściwą ocenę zagrożeń wynikających z przekroczenia obszaru temperatur obojętnych. Zbyt duży spadek temperatury w okresie nocy może bowiem prowadzić do zmniejszenia aktywności zwierząt, a tym samym ograniczenia ilości pobieranej paszy i spadku ich produktywności. To samo zagrożenie związane jest z nadmiernym wzrostem temperatury w okresie dnia.

Bibliografia

- McDonald T.P., McDonald T.P., Jones D.D., Barrett J.R., Albright J.L., Miles G.E., Nienaber J.A., Hahn G.L.** 1988. Measuring the heat increment of activity in growing-finishing swine. *Transac. ASAE*, 31, 4. s. 1180-1186.
- Milanuk M.J., DeShazer J.A., Schulte D.D.** 1989. Performance comparisons of naturally- and mechanically-ventilated solar-assisted swine nurseries. *Transac. ASAE*, 32, 1. s. 216-222.
- Nienaber J.A., Hahn G.L.** 1989. Cool nighttime temperature and weaning age effects on 3 to 10 week old pigs. *Transac. ASAE*, 32, 2. s. 691-695.
- Pedersen S., Sällvik K. (eds).** 2002. 4th Report of Working Group on Climatization of Animal Houses. Heat and moisture production at animal and house levels. CIGR Horsens.
- Shelton D.P., Brumm M.C.** 1986. Energy management in a swine nursery using reduced temperatures, hovers, and reduced nocturnal temperatures. *Transac. ASAE*, 29, 6. s. 1721-1729.
- Shelton D.P., Brumm M.C.** 1988. Reduced nocturnal temperatures in a swine nursery - A modified regimen. *Transac. ASAE*, 31, 3. s. 888-891.
- Urbańczyk J., Wójcik St., Ziolecka A. (red.).** 1993. Normy żywienia świń. Wartość pokarmowa pasz. Wyd. IFŻŻ im. J. Kielanowskiego.
- Wrotkowski K.** 2006a. Bilans cieplny organizmu zwierzęcia jako podstawowe kryterium wyboru systemu utrzymania trzody chlewnej (rozprawa habilitacyjna). *Rozprawy Naukowe Akademii Rolniczej w Lublinie, WAR w Lublinie. Zeszyt 310, PL ISSN 0860-4355.*
- Wrotkowski K.** 2006b. Metoda ustalania wymaganej temperatury w chlewni. Cz. I.: Metoda ustalania adekwatnej temperatury. *Inżynieria Rolnicza. Nr 6(81). Kraków. s. 389-396.*
- Wrotkowski K.** 2006c. Metoda ustalania wymaganej temperatury w chlewni. Cz. II.: Metoda ustalania temperatury zdeterminowanej technologią chowu. *Inżynieria Rolnicza. Nr 106(81). s. 397-406.*

THE METHOD APPLIED TO DETERMINE THE REQUIRED TEMPERATURE VALUE IN A PIGSTY TAKING INTO ACCOUNT THE ACTIVITY OF ANIMALS

Abstract. The researchers proposed a procedure for determining the required air temperature in a pig fattening house taking into account the physical activity of animals. The method uses a theoretical model of an animal body thermal balance for thermally neutral conditions. Besides other conditions, the following parameter has been introduced in the model: “averaging” the physical activity of animals, dependent on the feeding schedule and maintenance works carried out in the facility. This method has the advantage that the required temperature is determined on the basis of thermal perceptibility of the environment by an animal, that is according to the changes in the stream of heat released while changing body position.

Key words: temperature in a room, activity of animals, animal body thermal balance, method

Adres do korespondencji:

Kazimierz Wrotkowski, e-mail: kwrot@top.net.pl
Katedra Maszyn i Urządzeń Rolniczych
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Poniatowskiego 1
20-060 Lublin