

Kazimierz Wrotkowski
Katedra Maszyn i Urządzeń Rolniczych
Akademia Rolnicza w Lublinie

METODA USTALANIA WYMAGANEJ TEMPERATURY W CHLEWNI CZ. I: METODA USTALANIA ADEKWATNEJ TEMPERATURY

Streszczenie

Przeanalizowano wpływ otoczenia termicznego na organizm zwierzęcy i określono czynniki, które powinny być uwzględnione przy wyznaczaniu adekwatnej temperatury powietrza w nowych warunkach różniących się sposobem utrzymania oraz intensywnością żywienia. W opracowanej metodyce jako kryterium adekwatności przyjęto zgodność oporności tkankowej zwierzęcia w porównywanych środowiskach. Miarą tej zgodności stała się proporcja różnic górnej i dolnej temperatury krytycznej określana dla porównywanych warunków. Celem pracy było przedstawienie obiektywnej metody określania temperatury zapewniającej niezmienny poziom „obciążenia” termicznego organizmu, która w ocenach energetycznych wyeliminowałaby zakłócający wpływ warunków na skład odkładanych przyrostów u świń rosnących.

Słowa kluczowe: dolna i górna temperatura krytyczna, temperatura adekwatna, wentylacja, żywienie, termoizolacyjność otoczenia zwierzęcia

Wstęp

Dotychczasowe zalecenia dotyczące wymaganych temperatur powietrza w budynkach inwentarskich nie uwzględniają wszelkich możliwych rozwiązań budowlanych kojca, technologii utrzymania zwierząt i poziomów żywienia. W związku z tym przy projektowaniu wentylacji temperatura przyjmowana jest najczęściej na zasadzie uznaniowej, bez głębszej analizy faktycznych strat ciepła organizmu. Przy takim postępowaniu nie bierze się pod uwagę zróżnicowanego poziomu żywienia, wyrażającego się w zróżnicowanej ilości energii dostarczanej na jednostkę metaboliczną (w analizie uwzględniono żywienie bytowe na poziomie $0,498 \text{ MJ EM/kg}^{0,75}$ i dzień, restrykcyjne i normatywne), co tym bardziej uniemożliwia dokonanie właściwej oceny jakości warunków w projektowanym lub porównywanym obiekcie.

Badania prowadzone w różnych temperaturach otoczenia wykazały istotny wpływ warunków utrzymania zarówno na produktywność, jak też na skład chemiczny uzyskiwanych tusz [Brown-Brandl i in. 2000a,b; Kleiber 1968; Myer i Bucklin 2002; Myer i in. 1998; Nienaber i in. 1996].

Odkładanie białka i tłuszczu w przyroście charakteryzuje się zróżnicowaną sprawnością energetyczną [Kielanowski 1970, 1973]. Dało to podstawę do sformułowania hipotezy o istnieniu związku między „cieplnym obciążeniem organizmu” a składem odkładanego przyrostu u świń rosnących, jako warunku istnienia proporcjonalności między ilością pobieranej energii a wielkością wskaźników produkcyjnych, wynikającej z teorii żywienia [Fandrejewski 2005]. Uznano, że tylko taki sposób kształtowania warunków pozwoli na zwiększenie dokładności obliczeń symulacyjnych przy ocenie alternatywnych rozwiązań wentylacji.

Założenia metody ustalania warunków adekwatnych

Wzajemna interakcja występująca między organizmem zwierzęcia a otoczeniem określona jest z jednej strony wynikową opornością termiczną poszczególnych dróg oddawania ciepła do otoczenia, a z drugiej - wielkością powstającego w organizmie ciepła metabolicznego. Wielkość oporności wynikowej ciała uzależniona jest od masy, termoizolacyjności legowiska, prędkości ruchu powietrza, liczby sztuk utrzymanych w grupie, pozycji ciała zwierzęcia itp. Ilość powstającego ciepła metabolicznego zależy głównie od produktywności zwierzęcia.

W przypadku zwierząt monogastrycznych rosnących ilość ciepła metabolicznego powstającego w organizmie może być wyrażona w postaci sumy zapotrzebowania bytowego zwierzęcia oraz strat ciepła powstających przy odkładaniu białka i tłuszczu w przyroście dziennym [Kielanowski 1973; Fandrejewski 1994]. Ciepło to wyznacza wymaganą przez zwierzę wielkość temperatury powietrza w pomieszczeniu i wchodzi w skład bilansu ciepła budynku, jako źródło energii cieplnej.

Ilość ciepła powstającego w ciele zwierzęcia oraz możliwości jego emisji do otoczenia decydują o zaangażowaniu mechanizmów termoregulacyjnych organizmu, z których w pierwszej kolejności wykorzystywany jest mechanizm polegający na zmianie oporności tkankowej. Zależność między ilością ciepła powstającego w organizmie a wymaganą temperaturą powietrza w danych warunkach utrzymania można z powodzeniem analizować na drodze obliczeniowej. Dane niezbędne do tego celu znajdują się w pracy Bruce'a i Clarka'a [1979], poświęconej modelom fizykalnym zwierzęcia dla warunków termoneutralnych i poniżej nich. Wykorzystując je można wyznaczyć wymaganą dolną i górną temperaturę krytyczną powietrza w pomieszczeniu przy określonym poziomie żywienia.

Znajomość przedziału wspomnianych temperatur przy projektowaniu warunków adekwatnych jest jednak niewystarczająca. Faktyczna temperatura w warunkach stanowiących punkt odniesienia może znajdować się w różnej „odległości” od tych temperatur, a nawet leżeć poza ich obszarem. Dodatkowo przedział między nimi zwiększa się w miarę wzrostu ilości powstającego w organizmie ciepła metabolicznego, powodującego przesunięcie wymagań termicznych zwierzęcia w kierunku niższych temperatur otoczenia. Widać to wyraźnie z zaznaczonych szerokości przedziałów górnej i dolnej temperatury krytycznej na rysunku 1, wyznaczonych dla świnii o masie 50 kg przy dwóch poziomach żywienia i różnych sposobach utrzymania.

Procedura ustalania adekwatnych warunków środowiskowych

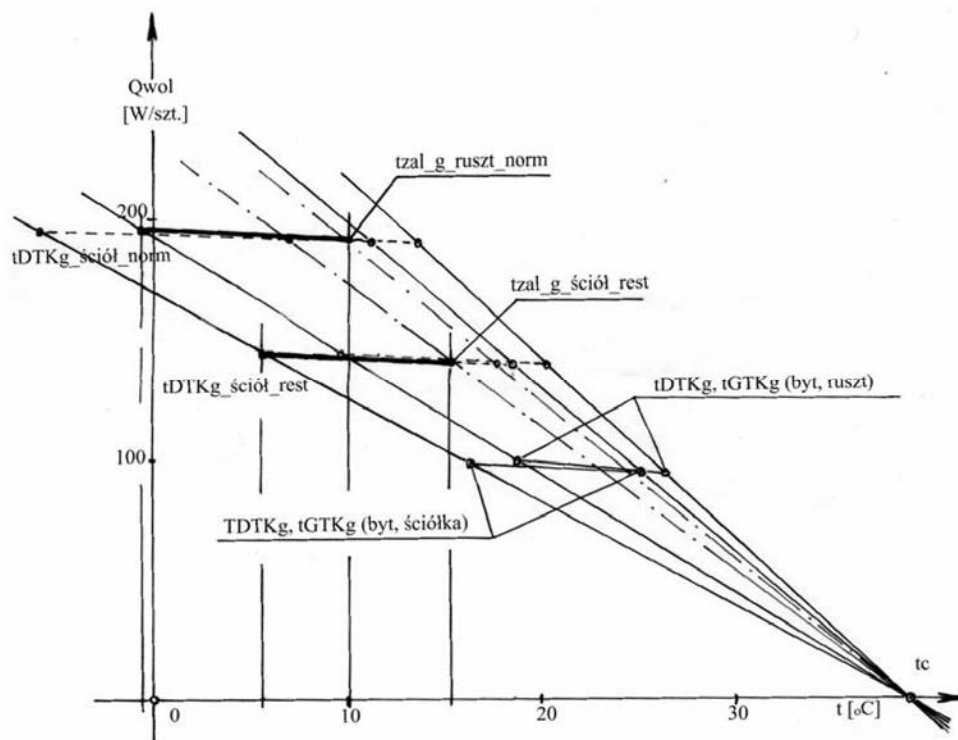
Ideą przyjętej metody określania warunków adekwatnych jest zachowanie niezmiennego poziomu „obciążenia” mechanizmów termoregulacyjnych organizmu zwierzęcia w porównywanych środowiskach, któremu odpowiada zgodna wielkość oporności tkankowej zwierzęcia.

Jako miarę obciążenia termicznego dla danej wielkości powstającego ciepła metabolicznego w organizmie przyjęto proporcję różnicy temperatury powietrza w pomieszczeniu i przyjętej temperatury charakterystycznej zwierzęcia do „szerokości” strefy termoobojętnej. Różnica tych temperatur wyraża warunki oddawania ciepła z organizmu do otoczenia, natomiast przedział temperatur krytycznych określa zdolności adaptacyjne zwierzęcia w danych warunkach utrzymania.

Zgodnie z przyjętym założeniem, porównywane warunki są adekwatne, jeśli wspomniana proporcja pozostaje na stałym poziomie. Proponowana procedura tworzenia adekwatnych warunków obejmuje więc:

- ustalenie warunków wymiany ciepła między organizmem i otoczeniem przez określenie górnej i dolnej temperatury krytycznej w warunkach wyjściowych i porównywanych,
- przetransformowanie istniejącego obciążenia termicznego organizmu w warunkach wyjściowych na zgodne obciążenie występujące w warunkach porównywanych, zależne od sposobów utrzymania i intensywności żywienia.

Wielkością charakterystyczną w zaprezentowanym przykładzie jest dolna temperatura krytyczna (rys. 1). Stopień obciążenia cieplnego organizmu zależy od ilości wymianianego ciepła w danej temperaturze otoczenia. Przy stałej temperaturze ciała i oporności wynikowej organizmu zmiana różnicy temperatury otoczenia i organizmu powoduje adekwatny wzrost lub spadek możliwości wymiany ciepła.



Rys. 1. Graficzny obraz modelu termostatycznego świni o masie 50 kg z wyznaczonymi wymaganymi temperaturami uzależnionymi od warunków utrzymania i żywienia; oznaczenia symboli i indeksów: t - temperatura powietrza, $z\text{al.}$ - wymagana temperatura w pomieszczeniu, DTK (GTK) - dolna (górną) temperatura krytyczna, g - utrzymanie grupowe (15 szt./grupe), ściół. - utrzymanie na ściółce, byt. - żywienie pokrywające zapotrzebowanie bytowe, rest. - żywienie restrykcyjne, norm. - żywienie normatywne

Fig. 1. Graphical image of thermostatic model of a pig weighing 50 kg with the marked required temperatures depending on keeping and feeding conditions; legend of symbols and indices: t - air temperature, $z\text{al.}$ - required temperature in a room, DTK (GTK) - lower (upper) critical temperature, g - group keeping (15 animals/group), ściół. - keeping on bedding, byt. - feeding covering living requirements, rest. - restrictive feeding, norm. - normative feeding

Stąd też w przypadku wzrostu ilości pobieranej paszy i ilości powstającego w organizmie ciepła metabolicznego wystąpi zmniejszenie się wymagań termicznych zwierzęcia, tj. spadek obliczanej dolnej temperatury krytycznej i jednocześnie wzrost górnej temperatury krytycznej. Występująca proporcja między przedziałem obu temperatur w rozpatrywanych warunkach jest więc dobrym wskaźnikiem zdolności adaptacyjnych zwierzęcia i łącznie z różnicą temperatury w pomieszczeniu oraz przyjętą temperaturą charakterystyczną może posłużyć do obiektywnego ustalenia zgodności poziomów obciążenia cieplnego organizmu, a więc:

$$\delta = \frac{t_{GTK2} - t_{DTK2}}{t_{GTK1} - t_{DTK1}} = \frac{t_{i2} - t_{char2}}{t_{i1} - t_{char1}} \quad (1)$$

zaś po przekształceniu:

$$t_{i2} = \delta \cdot (t_{i1} - t_{char1}) + t_{char2} \quad (2)$$

gdzie:

- δ – wskaźnik termiczny wymiany ciepła w porównywanych warunkach,
- $t_{GTK2}, (t_{DTK2})$ – górna (dolna) temperatura krytyczna w nowych warunkach,
- $t_{GTK1}, (t_{DTK1})$ – górna (dolna) temperatura krytyczna w warunkach stanowiących punkt odniesienia,
- t_{i1} – temperatura powietrza w pomieszczeniu stanowiącym punkt odniesienia,
- t_{char1} – temperatura określająca wymagania termiczne zwierzęcia w warunkach odniesienia,
- t_{i2} – wymagana temperatura otoczenia w nowych warunkach,
- t_{char2} – temperatura określająca wymagania termiczne zwierzęcia w nowych warunkach.

Przedstawiona procedura obliczeniowa może mieć zastosowanie zarówno do wyznaczania temperatury otoczenia przy nowym poziomie żywienia, jak też przy uwzględnianiu zmian sposobu utrzymania zwierząt. W przypadku jednoczesnego uwzględniania wielu czynników mających wpływ na warunki oddawania ciepła do otoczenia (odmienne rodzaje posadzek, zróżnicowane prędkości ruchu powietrza, inne liczby zwierząt w grupie itp.) oraz ilości ciepła powstającego w organizmie (różne poziomy żywienia) podaną procedurę obliczeniową wykonuje się dla każdego czynnika z osobna, przy czym kolejność ich rozpatrywania jest obojętna.

Zakres jej stosowania ograniczony jest do temperatur otoczenia wyższych od dolnej temperatury krytycznej. Poniżej tej temperatury, zdeterminowanej maksymalną cieplną opornością tkankową, miarą obciążenia termicznego organizmu jest faktyczna różnica dolnej temperatury krytycznej i otoczenia.

Podsumowanie

Zaproponowane zasady ustalania wymaganej temperatury powietrza oparto na obiektywnej ocenie strat ciepła z organizmu, wynikających z modelu fizykalnego zwierzęcia. W ten sposób zwierzę nie jest zmuszane do uruchamiania dodatkowych mechanizmów dostosowawczych poza tymi, z których korzystało w warunkach wyjściowych.

Stosując tę metodę w projektowaniu i w systemach sterowania wentylacji możemy uzyskać nie tylko możliwość obiektywnego porównywania odmiennych warunków utrzymania i wyznaczania wymaganej temperatury w pomieszczeniu, lecz także uniknąć zakłócającego oddziaływania niezgodności obciążenia cieplnego organizmu na skład i wielkość szacowanych przyrostów dziennych, stanowiących o opłacalności produkcji.

Oprócz powyższego zastosowania, przewiduje się jej wykorzystanie w badaniach nad przemianami energii i materii u zwierząt, przy eliminowaniu zakłócającego oddziaływania otoczenia na skład chemiczny odkładanych przyrostów dziennych. Wykorzystanie jej w tym obszarze pozwoliłoby zwiększyć jej dokładność przez właściwe stanowanie wielkości powstającego w organizmie ciepła metabolicznego oraz oddziaływania termicznego wywoływanego samą technologią chowu.

Oddziaływanie technologii polega zwykle na planowych zmianach intensywności żywienia w poszczególnych fazach rozwojowych zwierzęcia przy stałej lub stopniowo zmienianej temperaturze pomieszczenia. Podobny efekt wywołuje żywienie dozowane w zestawieniu z żywieniem „do woli”. Fizykalny skutek takich uwarunkowań technologicznych można określić mianem „schematu termicznego oddziaływania”.

Podsumowując należy dodać, że w przedstawionej metodzie stosowane są wartości uśrednione, obejmujące co najmniej cykl jednodobowy. Dotyczy to zarówno uzyskiwanej z obliczeń wymaganej temperatury powietrza, jak i wielkości dolnej i górnej temperatury krytycznej.

Bibliografia

Brown-Brandl T.M., Nienaber J.A., Turner L.W., Yen J.T. 2000a. Manual and thermal induced feed intake restriction on finishing barrows. I: Effects on growth, carcass composition, and feeding behavior. Transaction of the ASAE, t. 43, nr 4, s. 987-992

Brown-Brandl T.M., Nienaber J.A., Turner L.W., Yen J.T. 2000b. Manual and thermal induced feed intake restriction on finishing barrows. II: Effects on heat production, activity, and organ weights. Transaction of the ASAE, t. 43, nr 4, s. 993-997.

Bruce J. M., Clark J. J. 1979. Models of heat production and critical temperature for growing pigs. Animal Production, nr 28, s. 353-369.

Fandrejewski H. 1994. Energia w nowych normach żywienia świń. Przegląd Hodowlany Nr 7, s. 1-6.

Fandrejewski H. 2005. W pełni wykorzystać potencjał wzrostowy. Top Agrar Polska nr 2, s. 22-24.

Kielanowski J. 1970. Energetyczne wartościowanie pasz. Zesz. Probl. Postęp. Nauk Roln., nr 101, s. 13-42.

Kielanowski J. 1973. Energetyczne wartościowanie pasz. PWRiL Warszawa.

Kleiber M. 1968. Ogień życia. Zarys bioenergetyki zwierząt. PWRiL Warszawa.

Myer R.O., Bucklin R.A. 2002. Effect of season (summer vs. fall) and diet nutrient density on performance and carcass characteristics of growing-finishing swine. Transaction of the ASAE, t. 45, nr 3, s. 807-811.

Myer R.O., Bucklin R.A., Fialho F.B. 1998. Effects of increased dietary lysine (protein) level on performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs reared in a hot, humid environment. Transaction of the ASAE, t. 41, nr 2, s. 447-452.

Nienaber J.A., Hahn G.L., McDonald T.P., Korthals R.L. 1996. Feeding patterns and swine performance in hot environments. Transaction of the ASAE, t. 39, nr 1, s. 195-202.

**METHOD OF DETERMINATION
OF REQUIRED TEMPERATURE IN THE PIGSTY
PART I: METHOD OF DETERMINATION
THE ADEQUATE TEMPERATURE**

Summary

The influence of the thermal environment on the animal organism has been analysed and the factors that should be taken into consideration while determining the adequate air temperature in new conditions which differ in the method of keeping and feeding intensity were determined. According to the elaborated methodology, the conformity of the animal's tissue resistance in the compared environments was adopted as a criterion of adequacy. The criterion of this conformity is the proportion of differences between the upper and lower critical temperature, defined for the conditions being compared. The objective of the work was to present an objective method of determination of temperature which assures a constant level of thermal "load" of the organism that in energetical assessment would eliminate the disturbing influence of the conditions on the composition of the accumulating weight gains with growing pigs.

Key words: lower and upper critical temperature, adequate temperature, ventilation, feeding, thermoisolation of the animal's environment