

Kazimierz Wrotkowski
Katedra Maszyn i Urządzeń Rolniczych
Akademia Rolnicza w Lublinie

METODA USTALANIA WYMAGANEJ TEMPERATURY W CHLEWNI CZ. II.: METODA USTALANIA TEMPERATURY ZDETERMINOWANEJ TECHNOLOGIĄ CHOWU

Streszczenie

Przedstawiono procedurę ustalania wymaganej temperatury powietrza w danym lub projektowanym obiekcie, przy wyznaczaniu której uwzględnia się oddziaływanie termiczne wynikające z technologii chowu. Wykorzystywana jest w niej metoda określania warunków adekwatnych, w której emisja ciepła ustalana jest na bazie krzywych składu przyrostów w technologii stanowiącej punkt odniesienia, co umożliwia „kopiowanie” schematu obciążenia termicznego organizmu. Pozwala to na zwiększenie dokładności wyznaczania wymaganej temperatury zarówno dla potrzeb wentylacji w zmienionych warunkach, jak też do analiz nakładów energetycznych i efektów produkcyjnych w tuczu trzody chlewnej.

Słowa kluczowe: temperatura w pomieszczeniu, technologia chowu, schemat oddziaływania termicznego, metoda ustalania temperatury adekwatnej

Wstęp

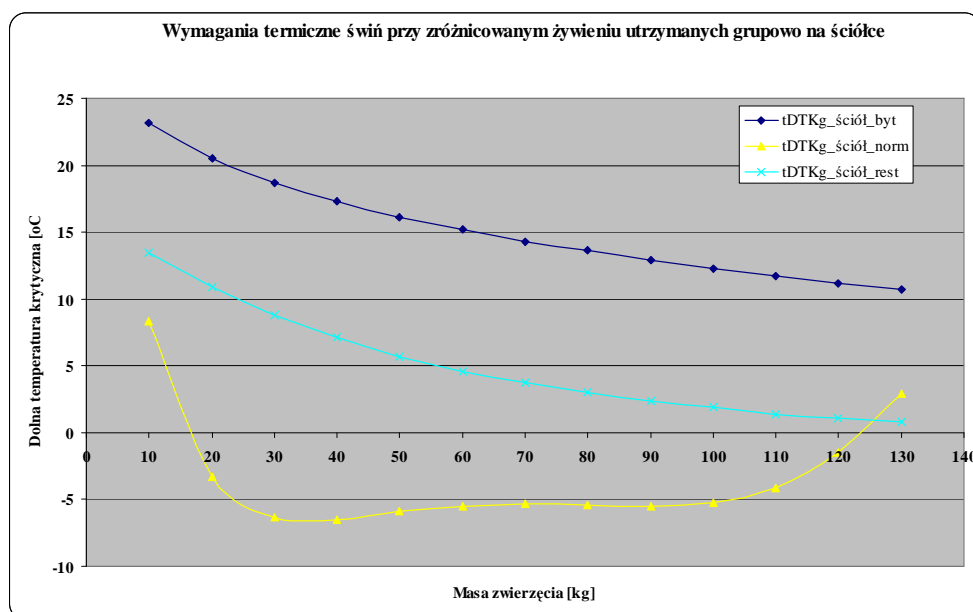
W praktyce hodowlanej stosowane jest zróżnicowanie intensywności żywienia w określonych fazach rozwojowych zwierzęcia. W przypadku świń zaleca się zmniejszenie dawki pokarmowej pod koniec tuczu, co ma ograniczyć otłuszczenie tuszy. Zmiana poziomu żywienia przy nie zmienionej temperaturze otoczenia jest przyczyną wystąpienia braku równowagi między ilością powstającego ciepła metabolicznego a wielkością strat ciepła organizmu zwierzęcia.

Istnieje zatem określony schemat oddziaływania termicznego otoczenia na zwierzę. Wynika on z uwarunkowań zoometryczno-opornościowych organizmu zwierzęcia oraz z przyjętego poziomu żywienia i warunków utrzymania (oporności cieplnej legowiska, liczby sztuk w grupie itp.).

Określenie istniejącego oddziaływania termicznego technologii chowu na zwierzę w obiekcie wyjściowym i przekształcanie go na oddziaływanie w obiekcie docelowym umożliwia metoda ustalania warunków adekwatnych (cz. I). Dotychczas wpływu tego czynnika w ocenach warunków środowiskowych nie analizowano. Poznanie go jest więc szczególnie ważne, zwłaszcza w kontekście potrzeby zwiększenia dokładności sterowania pracą systemów wentylacji.

Materiał i metoda

Wpływ zróżnicowanej intensywności żywienia na odczuwalność termiczną otoczenia przez zwierzę można łatwo obserwować na podstawie ustalonej wielkości dolnej temperatury krytycznej. Wielkości tej temperatury określone dla świń populacji krajowej utrzymanych na ściółce w grupie liczącej 15 szt. i żywionych na trzech poziomach, tj. bytowym (0,498 MJ EM/kg^{0,75} i dzień), restrykcyjnym i normatywnym przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Porównanie wymagań termicznych świń określonych dolną temperaturą krytyczną przy utrzymaniu grupowym na ściółce i różnych poziomach żywienia

Fig. 1. Comparison of thermal requirements of pigs, determined by lower critical temperature for group keeping on bedding and different feeding levels

Wynika z niego duże podobieństwo wymagań termicznych zwierząt żywionych na poziomie bytowym oraz zgodnie z krzywą żywienia restrykcyjnego, aczkolwiek przy żywieniu restrykcyjnym wymagana temperatura krytyczna w przedziale ciężaru od 10 kg do 130 kg jest niższa o 9,8 - 10,8°C. Zgodności tej jednak nie ma, gdy przedmiotem porównania są krzywe dla żywienia bytowego i normatywnego. W tym przypadku przy masie 10 kg różnica wynosi ok. 15°C, po czym wzrasta do ok. 25,6°C przy masie 30 kg, by następnie zmniejszyć się do ok. 7,8°C przy masie 130 kg.

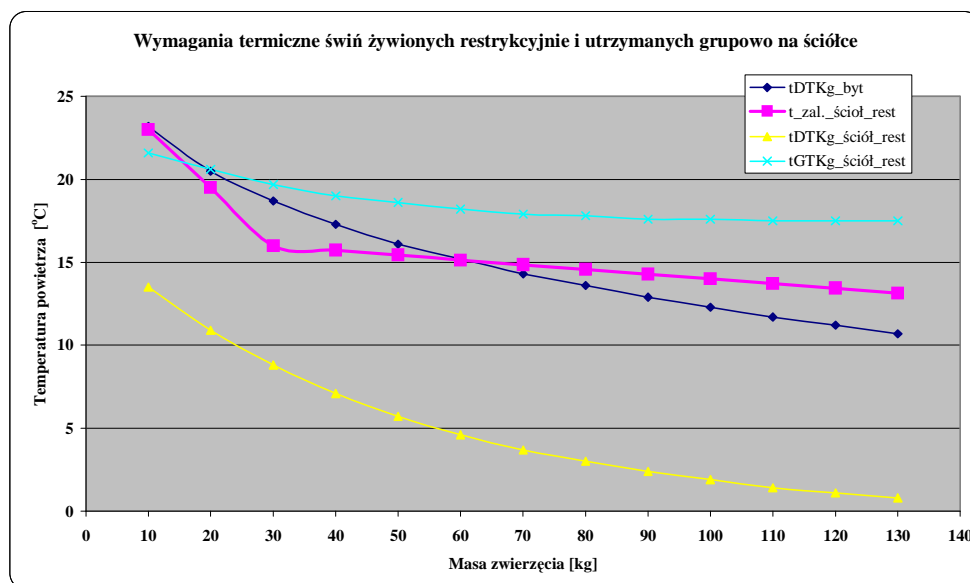
Stwierdzona zmienność wymagań termicznych zwierząt spowodowana jest specyfiką przyjętych technologii chowu. W przypadku żywienia restrykcyjnego zastosowano stosunkowo niską dawkę pokarmową, którą sukcesywnie zwiększano w miarę wzrostu zwierzęcia, podczas gdy przy żywieniu normatywnym na początku zwierzęta żywione były intensywnie, a następnie dawkę zmniejszano aż do poziomu równego ok. 1,5 zapotrzebowania bytowego pod koniec tuczu.

Jeżeli w omówionych technologiach założy się identyczne warunki utrzymania (temperaturę w pomieszczeniu), to można mówić o dwóch odmiennych schematach oddziaływania termicznego. Tego typu schematy, funkcjonujące w postaci określonych zaleceń hodowlanych, powstały jako wynik nagromadzenia pozytywnych doświadczeń z praktyki hodowlanej. Różnią się one w zależności od rasy i genotypu zwierząt.

Należy zgodzić się, że projektowana wentylacja i jej działanie powinno uwzględniać wymogi danej technologii chowu. Przekształcanie tych wymogów na potrzeby nowo projektowanego obiektu powinno odbywać się z zachowaniem wskazanego schematu oddziaływania termicznego na organizm zwierzęcy. Uzyskuje się to przez stosowanie metody wyznaczania warunków adekwatnych, w której emisja ciepła metabolicznego określana jest na podstawie składu chemicznego przyrostów dziennych uzyskiwanych w technologii stanowiącej punkt odniesienia. Elementami charakterystycznymi przekształcenia warunków jest nie tylko górna i dolna temperatura krytyczna, ale również temperatura panująca w pomieszczeniu inwentarskim.

W analizowanym przypadku punktem odniesienia była technologia z żywieniem restrykcyjnym, którego poziom energetyczny określono na podstawie znanej wielkości i składu chemicznego odkładanych przyrostów dziennych [Fandrejewski 1994]. Z danych tych wyprowadzono krzywe składu przyrostów w funkcji wagi zwierzęcia. Uwzględniając stosunkowo niski poziom żywienia, przy wyznaczaniu wyjściowego schematu oddziaływania termicznego przyjęto, że zwierzęta te utrzymywane były na ściółce w grupach liczących 15 szt. przy temperaturach

zgodnych z zaleceniami [Praca zbiorowa 2004]. Zgodnie z tym źródłem, temperatura powinna się szybko zmniejszać od wartości 23,0°C dla zwierzęcia o masie 10 kg do 16,0°C dla zwierzęcia o masie 30 kg, a następnie powoli spadać do wartości 13,1°C w przypadku zwierzęcia o masie 130 kg (rys. 2).



Rys. 2. Schemat obciążenia termicznego świń żywionych restrykcyjnie i utrzymywanych grupowo na ściółce, przyjęty jako technologia odniesienia

Fig. 2. Diagramme of thermal load of pigs fed restrictively and kept in a group on bedding, adopted as reference technology

W prowadzonych obliczeniach wymaganą ilość energii w dawce pokarmowej przy żywieniu restrykcyjnym obliczano z zależności:

$$e_p = 4,562 \cdot 10^{-6} m^3 - 1,609 \cdot 10^{-3} m^2 + 3,749 \cdot 10^{-1} m + 2,092 \quad [\text{MJ/szt. i dzień}] \quad (1)$$

gdzie:

m – waga zwierzęcia [kg].

Natomiast do wyprowadzenia zależności na obliczanie dawki normalatywnej wykorzystano dane zawarte w Pracy zbiorowej (1993). Opracowana krzywa żywienia przyjęła postać:

$$e_{p_norm} = -1,077 \cdot 10^{-6} m^4 + 2,960 \cdot 10^{-4} m^3 - 2,984 \cdot m^2 + 1,517 \cdot m - 5,221 \quad [\text{MJ/szt. i dzień}] \quad (2)$$

Wielkość emisji ciepła metabolicznego, niezbędną do ustalenia dolnej i górnej temperatury krytycznej odpowiadających minimalnej i maksymalnej oporności tkanek zwierzęcia, określanych z zależności podanej przez Bruce'a i Clarka [1979], obliczano ze wzoru:

$$Q_{cu,zw} = m^{0,75} \cdot M + (e_p - m^{0,75} \cdot M) \cdot (1 - \eta_p) \quad [\text{MJ/szt.i dzień}] \quad (3)$$

gdzie:

$$\eta_p = \frac{K_B \cdot u_B \cdot \eta_B + K_T \cdot u_T \cdot \eta_T}{K_B \cdot u_B + K_T \cdot u_T} \quad (4)$$

$m^{0,75}$ – masa metaboliczna zwierzęcia [$\text{kg}^{0,75}$],

M – zapotrzebowanie bytowe zwierzęcia ($0,498 \text{ MJ EM/kg}^{0,75}$ i dzień),

e_p – energia metaboliczna w dawce pokarmowej ($\text{MJ EM/kg}^{0,75}$ i dzień),

K_B, K_T – koszt energetyczny odkładania białka (67 MJ EM/kg) i tłuszczu (57 MJ EM/kg),

u_B, u_T – udział białka, tłuszczu w przyroście dziennym,

η_B, η_T – sprawność konwersji energii metabolicznej paszy przy odkładaniu przyrostu, białka ($E_B/\text{EM} = 0,354$) i tłuszczu ($\text{ENF}_s/\text{EM} = 0,695$).

Obliczenia wymaganej w pomieszczeniu temperatury powietrza prowadzono zgodnie z metodyką opracowaną w pierwszej części tego opracowania, przy czym zakres obliczeń objął:

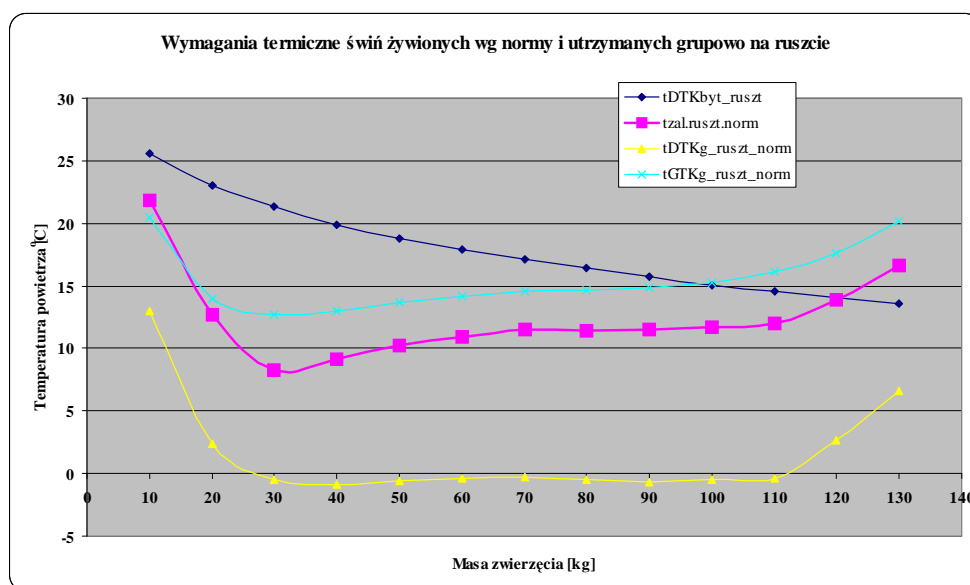
- ustalenie wymaganej temperatury w pomieszczeniu dla zwierząt żywionych restrykcyjnie przy przejściu z utrzymania na ściółce na utrzymanie na ruszcie żelbetowym, tj. dla stanu, gdy nie dochodzi do zmiany schematu oddziaływania termicznego technologii chowu.
- ustalenie wymaganej temperatury w pomieszczeniu dla zwierząt żywionych zgodnie z krzywą żywienia normalywnego i utrzymaniu na ściółce, tj. dla stanu, gdy dochodzi do zmiany schematu oddziaływania termicznego, będącego wypadkową dwóch schematów oddziaływania,
- ustalenie wymaganej temperatury w pomieszczeniu dla zwierząt utrzymanych na ruszcie żelbetowym i żywionych zgodnie z krzywą żywienia normalywnego, przy której na wielkość wymaganej temperatury ma wpływ zarówno zmiany intensywności żywienia w porównywanych technologiach, jak i zmiany fizycznych warunków utrzymania.

Powyższe założenia nie obejmują wszystkich możliwych kombinacji czynników, np. utrzymania indywidualnego zwierząt. Omówiono je na przykładach w celu zaprezentowania zasad postępowania przy „kopiowaniu” schematu oddziaływania termicznego technologii chowu oraz wykazania wpływu tej technologii na wielkość wymaganej temperatury powietrza w chlewni.

Wyniki obliczeń temperatury wymaganej w pomieszczeniu

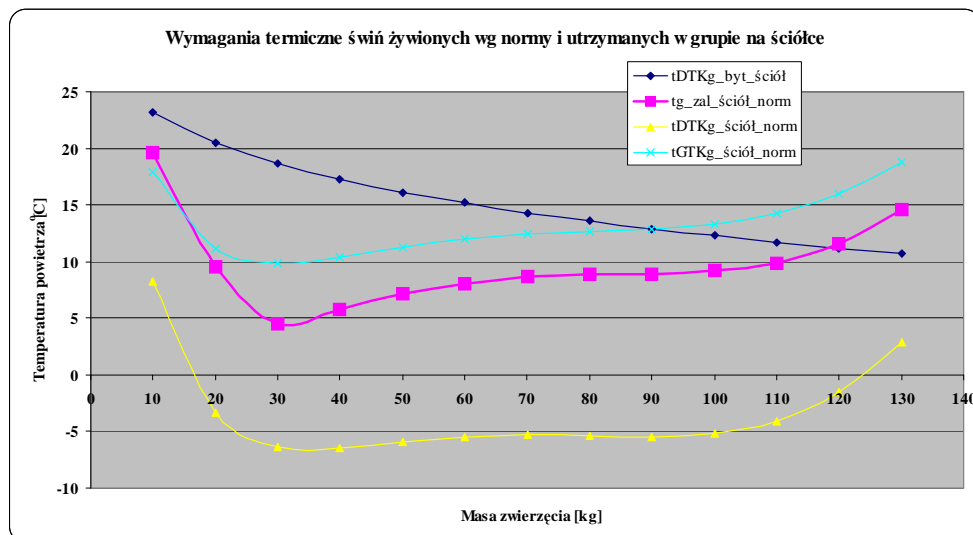
Wyniki przeprowadzonych obliczeń temperatury przy uwzględnieniu różnych właściwości termoizolacyjnych legowisk i poziomów żywienia zwierząt zostały opracowane w formie graficznej i przedstawione na rys. 3, 4 i 5. Na wykresach tych w każdym przypadku naniesiono dolną temperaturę krytyczną wymaganą dla danej technologii utrzymania przy żywieniu bytowym oraz górną i dolną temperaturę wynikającą z rozpatrywanej intensywności żywienia, jak również temperaturę wymaganą w pomieszczeniu (gruba linia).

Na podstawie rys. 3 można stwierdzić, że w przypadku zachowania zgodności technologii chowu, charakteryzującej się określoną intensywnością żywienia zwierząt w poszczególnych fazach jego rozwoju fizjologicznego, kształt krzywej wyrażającej temperaturę wymaganą w pomieszczeniu nie ulega istotnej zmianie. Następuje tylko jej przesunięcie na osi odciętych o stałą wartość.



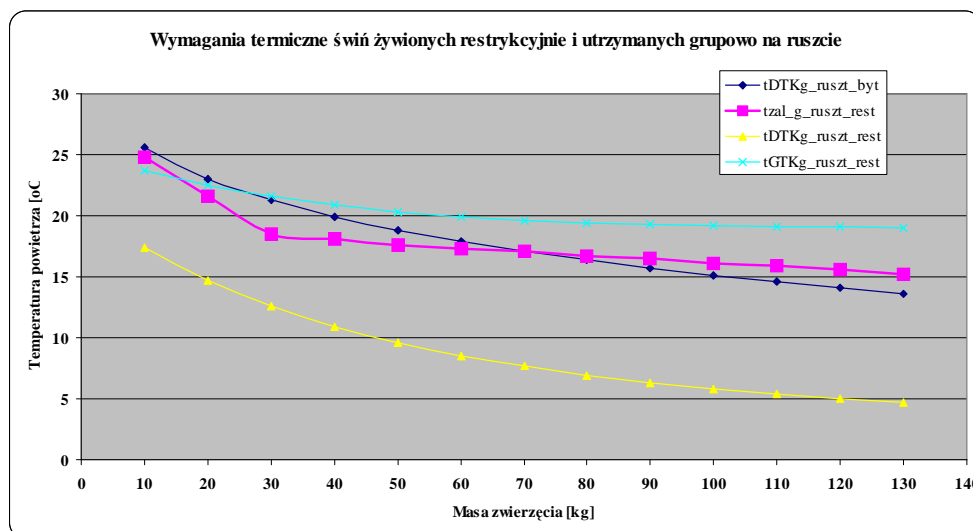
Rys. 3. Wymagana temperatura w pomieszczeniu dla świń żywionych restrykcyjnie i utrzymanych grupowo na legowisku pokrytym rusztem żelbetowym

Fig. 3. Required temperature in the room for the pigs fed restrictively and kept in a group on a lair covered with reinforced concrete grate



Rys. 4. Wymagana temperatura w pomieszczeniu dla świń żywionych normatywnie i utrzymanych grupowo na ściółce

Fig. 4. Required temperature in the room for the pigs fed normatively and kept in a group on bedding



Rys. 5. Wymagana temperatura w pomieszczeniu dla świń żywionych normatywnie i utrzymanych grupowo na legowisku pokrytym rusztem żelbetowym

Fig. 5. Required temperature in the room for the pigs fed normatively and kept in a group on a lair covered with reinforced concrete grate

Zmiana krzywej żywienia przy zgodnym sposobie utrzymania (na ściółce) powoduje przekształcenie wielkości temperatur wymaganych w pomieszczeniu w sposób będący wypadkową dwu przeciwstawnych oddziaływań. Gdy w technologii wyjściowej przy danej masie zwierzęcia stosowano wysoką intensywność żywienia, a w docelowej niższą, wówczas następowało przesunięcie wymaganej temperatury ku wyższym wartościom. Zmniejszenia temperatury należy oczekiwać w przypadku odwrotnym (rys. 4). Wskutek przeciwstawnych oddziaływań poziomów żywienia wystąpił znaczny spadek wymaganej temperatury u zwierząt o masie ok. 30 kg oraz jej wzrost pod koniec tuczu. Na absolutną wielkość tej temperatury miała również wpływ zmiana oporności wynikowej organizmu, spowodowana przejściem z utrzymania na ściółce na utrzymanie na ruszcie żelbetowym (rys. 5).

Wyższe zaopatrzenie zwierząt w energię dostarczaną z paszą przy żywieniu normatywnym zmniejszyło znacznie wielkość temperatur wymaganych w pomieszczeniu, która w przypadku utrzymania na ściółce przybrała wartości trudne do zaakceptowania przez hodowcę. Pod tym względem pozornie właściwsze są temperatury ustalone dla utrzymania na ruszcie żelbetowym. Należy jednak pamiętać, że w obu przypadkach są to wielkości gwarantujące jednakową odczuwalność termiczną otoczenia przez organizm zwierzęcia, aczkolwiek przy żywieniu normatywnym uzyskiwane przyrosty dzienne będą wyższe.

W analizowanym przypadku doszło do „przeniesienia” niskiego obciążenia termicznego organizmu na inny układ, w którym zachowana została proporcja między ilością produkowanego ciepła a wielkością energii odkładanej w ciele. Przeprowadzone obliczenia symulacyjne wskaźników produkcyjnych, będące kontynuacją zaprezentowanych obliczeń warunków adekwatnych, doprowadziły do ustalenia szacowanej ilości odkładanego białka, tłuszczu i przyrostów dziennych. Uzyskane wyniki mieściły się w przedziale wartości oczekiwanych przy żywieniu normatywnym [Fandrejewski 1994], jednak pod względem ilości odkładanego białka i wielkości przyrostu plasowały się w okolicach wartości maksymalnych, podczas gdy pod względem ilości odkładanego tłuszczu - w pobliżu minimalnych.

Podsumowanie

Dotychczasowe sposoby projektowania i oceny wentylacji nie pozwalają na formułowanie wiążących opinii w zakresie skutków proponowanych zmian modernizacyjnych. Jedną z przyczyn tego stanu jest brak obiektywnej metody porównywania oddziaływania otoczenia w różnych technologiach utrzymania. Warunku tego nie spełnia górna i dolna temperatura krytyczna, które niekiedy usiłuje się wykorzystywać jako wielkości regulacyjne dla systemu wentylacji, jak to proponuje van 't Klooster [1996].

Wielkość temperatury w pomieszczeniu musi uwzględniać wymogi technologii chowu, charakterystyczne dla danego genotypu zwierząt. Jej ustalenie w innych uwarunkowaniach powinno polegać na przekształceniu istniejącego schematu oddziaływania termicznego w technologii wyjściowej na oddziaływanie występujące w technologii docelowej. Takie właśnie rozwiązanie daje zaproponowana metoda.

Zastosowane symbole i indeksy:

t	– temperatura powietrza,
zal.	– temperatura wymagana w pomieszczeniu,
GTK (DTK)	– górna (dolna) temperatura krytyczna,
g	– utrzymanie grupowe (15 szt./grupe),
ściół.	– utrzymanie na ściółce,
byt.	– żywienie pokrywające zapotrzebowanie bytowe,
rest.	– żywienie restrykcyjne,
norm.	– żywienie normatywne.

Bibliografia

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.

Praca zbiorowa 1993. Normy żywienia świń. Wartość pokarmowa pasz. Wyd. IFiŻŻ im. J. Kielanowskiego w Jabłonie.

Praca zbiorowa 2004. Systemy utrzymania świń. Poradnik. IBMER Poznań i Duńskie Służby Doradztwa Rolniczego, s. 127.

Van 't Klooster C.E. 1996. Animal-based control algorithm for natural ventilation in pig houses. *Transaction of the ASAE*, t. 39, nr 3, s. 1127-1133.

**METHOD OF DETERMINATION OF REQUIRED TEMPERATURE
IN THE PIGSTY PART II. METHOD OF DETERMINATION OF
TEMPERATURE DEPENDING ON BREEDING TECHNOLOGY**

Summary

A procedure was presented to determine the required air temperature in an existing or planned building, where the thermal effect resulting from breeding technology is taken into consideration. The method of determination of adequate conditions is used, where the heat emission is determined based on increment composition curves in a technology being a point of reference, which allows to „copy” the pattern of the organism’s thermal load. It allows increasing the accuracy of determination of the required temperature both for ventilation purposes in changed conditions, and for the analyses of energy expenses and production performance in pig fattening.

Key words: temperature in the room, breeding technology, thermal effect diagramme, method of determining the adequate temperature