

Wiesław Podgórski

Katedra Higieny Zwierząt i Środowiska AR w Lublinie

Waldemar Lebedowicz

Katedra Maszyn i Urządzeń Rolniczych AR w Lublinie

Wytwarzanie ciepła i sposób jego przekazywania do otoczenia przez brojlery kurcze

Wprowadzenie

Określenie ilości ciepła produkowanego przez zwierzęta stanowi przedmiot licznych zainteresowań fizjologów, żywieniowców i techników, dlatego że jest ono istotnym czynnikiem charakteryzującym kierunek przemian metabolicznych i żywieniowych oraz mającym charakter aplikacyjny w ustalaniu technologii utrzymania zwierząt.

Metaboliczna produkcja ciepła przez kury, w zależności od zużycia paszy, aktywności ruchowej i temperatur środowiskowych [1, 9, 16], nie jest jednoznacznie określona, pomimo szeregu przeprowadzonych w tym zakresie badań [3, 6, 8, 11, 18, 19]. Wynika to ze zmienności reakcji metabolicznych na czynniki środowiskowe. Względy aplikacji tych wyników w produkcji drobiarskiej, pomimo ich niepełnej interpretacji, czynią konieczne uogólnianie wartości zgodnie z zasadami bioenergetyki [2, 7, 10]. Wykorzystanie wytwarzanego przez ptaki ciepła w kształtowaniu mikroklimatu przez sterowanie bilansem energetycznym pomieszczeń zmuszają do rozdziału na formy energii przekazywanej do otoczenia. Wyróżnia się dwie formy przekazywania energii: sensybilną – ciepło odczuwalne, oddawane drogą konwekcji, radiacji i przewodzenia, które najczęściej wiąże się z entalpią powietrza suchego, oraz latentną – ciepło zużyte na wyparowanie wody z organizmu, utożsamiane z entalpią pary wodnej wytwarzanej przez zwierzęta.

Modele matematyczne obliczania wytwarzanego ciepła

Całkowite ciepło tracone przez ptaki (Q) to wartość energii metabolicznej pobranej z paszy, pomniejszona o wielkość odłożoną w strukturach organizmu. Wartość ta jest ściśle związana z rozmiarami ciała i może być przedstawiona wzorem według Petersena [12]:

$$Q = 9,87 \cdot W^{0,73} \quad [1]$$

gdzie: W – masa ciała [kg],

lub według Erikssona [5]:

$$Q = 10,88 \cdot W^{0,70} \quad [2]$$

Przedstawione wzory charakteryzują się podobnymi współczynnikami proporcjonalności oraz wartościami wykładników potęgi. Wzory te skonfrontowano z równaniem wynikającym z badań własnych

$$Q = 12,14 \cdot W^{0,77} \quad [3]$$

Wzór własny najbardziej odbiega od wyżej cytowanych. Należy sądzić, że dla każdego przeprowadzonych w tym zakresie badań, określone dla nich równanie, przyjmie wartości różniące się od pozostałych. Podobnie było w przypadku określania metabolicznej jednostki rozmiarów ciała, kiedy przyjęto w równaniu dla tej jednostki stały wykładnik potęgi 0,75. Ponieważ ilość wytwarzanego ciepła jest adekwatna do przemian metabolicznych, to również dla uogólnionego wzoru wykładnik potęgi należałoby przyjąć jako 0,75, a współczynnik proporcjonalności około 10,0. Wobec tego wzór miałby postać następującą:

$$Q = 10,0 \cdot W^{0,75} \quad [4]$$

Wzór ten jest zgodny z zalecanym przez Międzynarodową Organizację Techniki Rolniczej.

Efekty obliczeń wytwarzanego przez ptaki ciepła całkowitego, przeprowadzone z wykorzystaniem zamieszczonych wzorów, przedstawiono na rysunku 1.

Bilansowanie energetyczne pomieszczeń inwentarskich wymaga określenia wytwarzanego ciepła sensybilnego, tj. odczuwalnego, mającego wpływ na kształtowanie ich warunków termicznych. Ciepło sensybilne (Q_s) zależne jest od tempa przemiany materii i jest funkcją warunków termicznych środowiska, powinno wyrażać się wartościami zgodnymi z prawem ostygnięcia Newtona. Regułą tym odpowiada wzór Kettlewella i Morana [6]:

$$Q_s = Q_v \cdot A \cdot \frac{t_B - t_A}{t_B - 20} \quad [5]$$

gdzie:

Q_v – współczynnik metabolicznej jednostki rozmiarów ciała ($Q_v = 0,595 \cdot W^{0,75}$,
 W – masa ciała, [kg]);

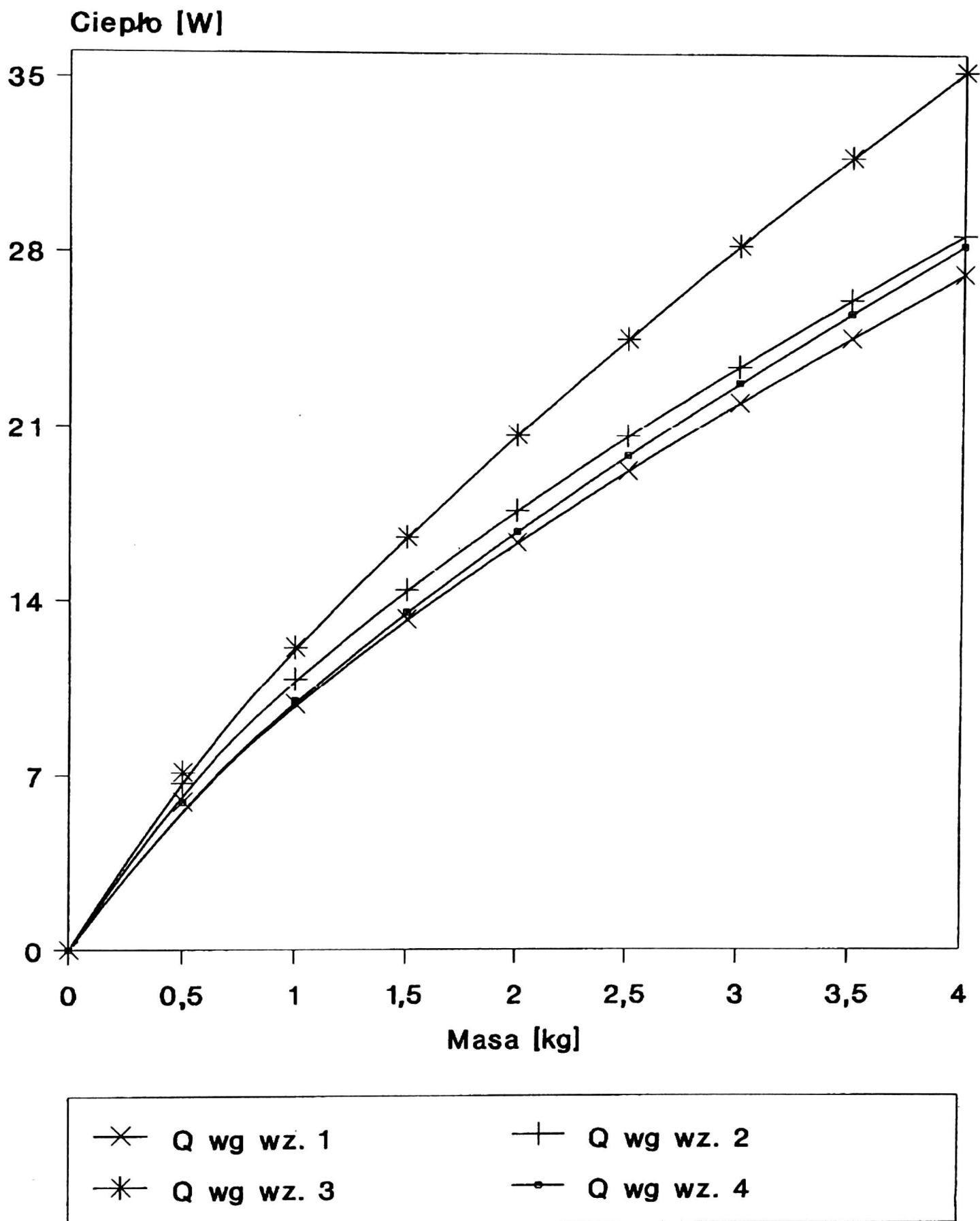
A – ciepło sensybilne, wg Wathes'a i Clarka [19], dla ptaków utrzymywanych w grupie i temperaturze otoczenia 20°C, $A = 4$ W;

t_B – temperatura ciała ptaków 41°C;

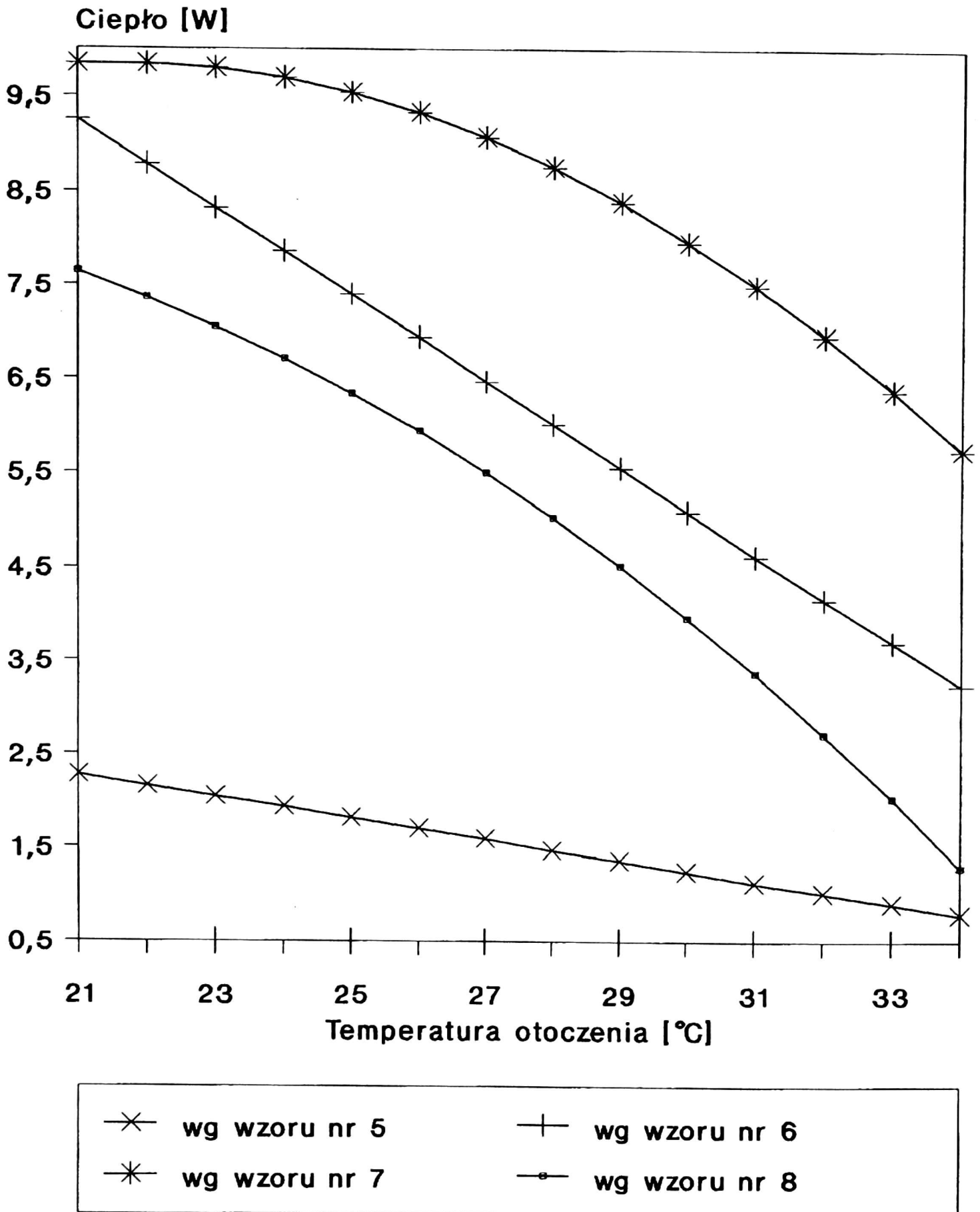
t_A – temperatura otoczenia [°C].

Autorom wydawało się, że równanie to można zapisać w innej formie, odzwierciedlającej w sposób bardziej realny faktyczny mechanizm utraty ciepła.

$$Q_s = Q \cdot 0,8 \cdot \frac{t_B - t_A}{t_B - 20} \quad [6]$$



Rysunek 1. Wielkość wytwarzanego ciepła całkowitego (Q) w zależności od masy ciała brojlerów kurzych



Rysunek 2. Ciepło sensybilne przekazywane do otoczenia przez brojlery kurcze o masie 1 kg w zależności od temperatury otoczenia

W sugerowanym zapisie równania przyjęto zasadę, iż ciepło sensybilne stanowi integralną część całkowitego i wynosi 80% jego wartości w temperaturze normalnej, przyjętej jako 21°C, natomiast w temperaturze otoczenia równej temperaturze ciała wynosi 0. Zerowy gradient temperatur pomiędzy skórą ptaka a otoczeniem warunkuje zgodnie z prawem Newtona niemożność odpływu ciepła drogą przewodzenia, konwekcji i radiacji. W tych warunkach wytwarzane w wyniku przemiany materii przez ptaki ciepło jest przekazywane z organizmu do otoczenia wskutek wyparowania wody. Ciepło przekazywane tym sposobem nazywamy latentnym.

Rozdziału wytwarzanego ciepła na sensybilne i latentne nie dokonuje się wg równania liniowego. Rozdział ten jest uwarunkowany funkcjami termoregulacyjnymi organizmu i wyraża się funkcją wykładniczą, jak to wynika z badań przeprowadzonych przez Hardy'ego i Dubois'a (cyt. za Brodym [2]). Badania własne nad zużyciem wody przez brojlery w zależności od temperatur środowiskowych posłużyły do wyprowadzenia równania empirycznego, służącego wyliczeniom ilości oddawanego do otoczenia ciepła sensybilnego, w zależności od temperatury otoczenia. Opracowane przez nas równanie wyraża się następującą funkcją matematyczną:

$$Q_s = Q(-0,214 + 0,095 \cdot t - 0,0022 \cdot t^2) \quad [7]$$

gdzie: t — temperatura otoczenia [°C].

Podobne założenia zdają się być podstawą wzoru przedstawionego przez Stroma [17]:

$$Q_s = Q \left[0,8 - 1,85 \cdot 10^{-7} (t + 10)^4 \right] \quad [8]$$

Wyniki obliczeń ilości wytwarzanego przez kurczęta brojlery ciepła sensybilnego, w zależności od temperatury otoczenia, uzyskane na podstawie zaprezentowanych wzorów, przedstawiono na rysunku 2.

Dyskusja

Określenie wytwarzania ciepła przez zwierzęta jest niezmiernie istotne w rozważaniach interpretacyjnych procesów metabolicznych. Znajomość globalnej ilości wytwarzanego ciepła nie zawsze pozwala na wykonanie opracowań dotyczących regulacji klimatu pomieszczeń.

Podstawowe znaczenie w bilansowaniu cieplnym pomieszczeń dla drobiu ma określenie wielkości ciepła sensybilnego, które warunkuje właściwości termiczne powietrza. Względy te zadecydowały, iż nieco więcej uwagi poświęcono obliczaniu wytwarzanego ciepła sensybilnego.

Przedstawiono cztery sposoby jego określania. Pierwszym był podany przez Kettlewella i Morana wzór 5, zgodny z zasadami termodynamicznymi wymiany ciepła. Uzyskane przy jego zastosowaniu wartości wydawały się być zaniżone, np. dla

brojlerów utrzymywanych w temperaturze otoczenia 21°C uzyskuje się wartości 2,1–2,8 W, podczas gdy wartości te powinny kształtować się w granicach 8 W. Wydawało się bardziej rzeczowe wykorzystanie obserwacji własnych zbieżnych z wynikami Hardy’ego i Dubois’a (cyt. za Brodym [2]), Reece’a i innych [14] oraz Deatona i in. [4], stwierdzających, iż udział ciepła sensybilnego w optymalnych temperaturach utrzymania ptaków stanowi około 80% całkowitej utraty ciepła i wraz ze wzrostem temperatury maleje, uwzględniając przedstawione sugestie opracowano wzór 6. Uzyskane przy jego zastosowaniu wyniki wydają się być poprawne, gdyż spełniają warunki przedstawione w tezie. Mankamentem ich jest liniowa zależność uzyskanych wartości. Charakteryzują one czysto fizyczny układ przekazywania ciepła przez ptaki. Dla organizmów stałocieplnych taka zależność nie jest zgodna ze stanem faktycznym, gdyż dzięki posiadaniu funkcji termoregulacyjnych parametry równania ostygnięcia Newtona są w procesie termoregulacji fizycznej zmieniane. Wykorzystując obserwacje własne opracowano wzór 7. Uzyskane na podstawie tego wzoru wartości są nieco wyższe, niż uzyskane ze wzoru 6, układ ich nie jest liniowy, a więc bardziej odzwierciedlający mechanizm termoregulacji fizycznej. Wartości te wykazują pewną zgodność przebiegu z wartościami uzyskanymi przy zastosowaniu wzoru Stroma (wzór 8, rys. 2). Dyskusja nad poprawnością uzyskanych wyników nie może być jednoznaczna, gdyż w pracy nie uwzględniano czynnika adaptacji ptaków do wysokich temperatur, co ma niekiedy miejsce w hodowlach uwarunkowanych naturalnymi warunkami środowiska określonych rejonów geograficznych. Jednak wydaje się, iż wzór 7 w pełni odzwierciedla realną wartość produkcji ciepła sensybilnego i może mieć znaczenie aplikacyjne w rozwiązywaniu problemów klimatyzacji pomieszczeń dla brojlerów w naszych warunkach klimatycznych.

Podsumowanie

Znajomość sposobów określania globalnej ilości ciepła wytwarzanego przez brojlery kurze ma znaczenie w badaniach efektywności chowu. Może również dostarczać cennych informacji co do efektywności wykorzystania paszy, a tym samym – służyć do określenia jej wartości biologicznej.

Podstawą projektowania pomieszczeń dla zwierząt, w tym dla brojlerów, jest wykonanie bilansów cieplnych. Jest ono możliwe wówczas, gdy znane są wartości ciepła przekazywanego przez zwierzęta do otoczenia. Również projektowanie, a następnie kontrola funkcjonowania systemów klimatyzacyjnych możliwe są, gdy istnieją sposoby precyzyjnego obliczenia ilości przekazywanego do otoczenia ciepła. Dlatego w artykule sporo uwagi poświęcono omówieniu sposobu obliczeń różnych form energii przekazywanej do otoczenia przez brojlery kurze.

Treść pracy upoważnia do sformułowania następujących stwierdzeń:

- Ilość wytwarzanego przez ptaki ciepła jest funkcją rozmiarów ciała.
- Proporcje w charakterze przekazywanej do otoczenia energii są funkcją temperatur otoczenia.
- Równania własne, określające ilość i charakter energii przekazywanej do otoczenia, mogą znaleźć zastosowanie w praktyce, na przykład w projektowaniu schematów klimatyzacji brojlerni.

Literatura

-
- [1] Boshouwers F.M.G., Nicaise E. 1985. Automatic gravimetric calorimeter with simultaneous recording of physical activity for poultry. *British Poultry Science* 26: 531–541.
 - [2] Brody S. 1945. Bioenergetics and Growth. Reinhold Publishing Corporation, pp. 59–75.
 - [3] Davis R.H., Hassan O.E.M., Sykes A.H. 1973. Energy utilisation in the laying hen in relation to ambient temperature. *Journal of Agricultural Science* 81: 173–177.
 - [4] Deaton J.W., Reece F.N., Bouchillon C.W. 1969. Heat and moisture production of broilers. 2. Winter conditions. *Poultry Science* 48: 1580–1582.
 - [5] Eriksson J. 1982. Swedish University of Agricultural Sciences, S-750 07 Uppsala, Sweden. Communication to the Working Group.
 - [6] Kettlewell P.J., Moran P. 1992. A study of heat production and heat loss in crated broiler chickens: a mathematical model for a single bird. *British Poultry Science* 33: 139–252.
 - [7] Kleiber. 1966. Ogień życia. PWRiL, Warszawa.
 - [8] Li Y., Ito T., Nishibori M., Yamanoto S. 1992. Effects of environmental temperature on heat production associated with food intake and on abdominal temperature in laying hens. *British Poultry Science* 33: 113–122.
 - [9] MacLeod M.G., Tullett S.G., Jewitt T.R. 1979. Effects of food intake regulation on the energy metabolism of hens and cockerels of layer strain. *British Poultry Science* 20: 521–531.
 - [10] Mount L.E. 1960. The influence of huddling and body size on the metabolic rate of the young pig. *Journal of Agricultural Science* 55: 101–105.
 - [11] O'Neill S.J.B., Jackson N. 1974. The heat production of hens and cockerels maintained for extended period of time at constant environmental temperature of 23°C. *Journal of Agricultural Science* 82: 549–552.
 - [12] Petersen C.B. 1977. Feed consumption and heat production of broiler chickens influenced by housing density and temperature. Beretning fra Statens Husdyrbrugs-forsog 455. Copenhagen.
 - [13] Podgórski W., Lebedowicz W. 1994. Wpływ wieku i temperatury otoczenia na ilość ciepła produkowanego przez brojlery kurze. (Praca nie publikowana).
 - [14] Reece W.L., Deaton J.W., Bouchillon C.W. 1969. Heat and moisture production of broilers. 1. Summer conditions. *Poultry Science* 48: 1297–1303.
 - [15] Roller W., Dale A.G. 1963. Heat losses from Leghorn layers at warm temperatures. *Transaction of American Society of Agricultural Engineers* 6: 136–139.
 - [16] Shannon D.W.F., Brown W.O. 1969. The period of adaptation on the fasting metabolic rate of the common fowl to an increase in environmental temperature from 22°C to 28°C. *British Poultry Science* 10: 13–18.
 - [17] Strom J.S. 1978. Heat loss from cattle, swine and poultry as basic for design of environmental control systems in livestock buildings. SBI – Landbrugsbyggeri 55. Statens Byggerforskningsinstitut DK 2970-Horsholm.

- [18] Waring J.J., Brown W.O. 1967. Calorimetric studies on the utilisation of dietary energy by the laying White Leghorn hen in relation to plane nutrition and environmental temperature. *Journal of Agricultural Science* 68: 149–145.
- [19] Wathes C.M., Clark J.A. 1981. Sensible heat transfer from the fowl: radiative and convective heat losses from a flock of broiler chickens. *British Poultry Science* 22: 185–196.

Production and means of transmission of heat produced by broiler chickens

Summary

On the base of metabolic unit body size an analysis of heat produced by broiler chickens was made. Three schemes for determination of total heat loss were analyzed. Equation 1 and 2 were described in the literature, and equation 3 was worked out by the authors. They were used to determine equation 4, which was consistent with that recommended by the International Organization of Agricultural Engineering.

The balance of farm buildings requires definition of sensible heat. The authors suggest to calculate its values from own empirical equation 7, which is a result of data obtained from other papers and mathematical analysis of data obtained on the base of own research.

The presented equations specify the amount and character of heat transmitted to the environment and may be used for designing air conditioning systems for broiler buildings.