

MODELOWANIE PARAMETRÓW PRZEPŁYWÓW W STRUMIENICOWYM UKŁADZIE WENTYLACYJNYM NAPĘDZANYM KOLEKTOREM SŁONECZNYM

Adam Chmielowski, Michał Gedymin

Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa w Warszawie, Oddział Poznań

Streszczenie. Analiza problemu wentylacji naturalnej doprowadziła do rozwiązania kojarzącego strumienicę z kolektorem słonecznym jako źródłem energii napędowej. Połączenie tych dwu urządzeń, prostych konstrukcyjnie lecz we wzajemnych relacjach tworzących specyficzne sprzężenia zwrotne, wymusiło opracowanie metody obliczania ich parametrów roboczych. Specyficzne warunki pracy spowodowały konieczność uzyskania części z nich doświadczalnie na odpowiednim modelu. Implementacja uzyskanych wyników w modelu matematycznym umożliwiła zastosowanie go do budowy modelu funkcjonalnego w skali 1:1. Zbudowany model, obsługując określoną grupę ptaków w kurniku laboratoryjnym, został zweryfikowany pozytywnie. Uzyskane charakterystyki robocze i utrzymywane warunki środowiskowe w pomieszczeniu z kurami są zadowalające.

Słowa kluczowe: solarne urządzenie wentylacyjne, strumienica, zależności fizyczne

Wykaz oznaczeń

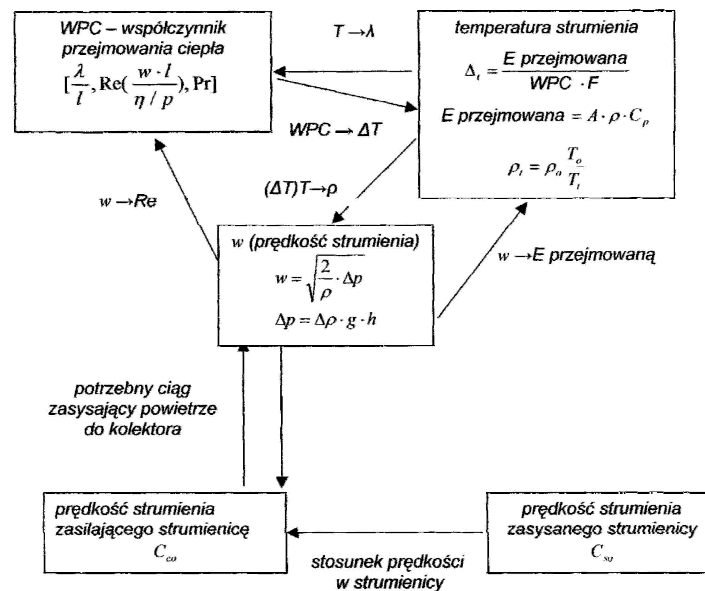
A	– zdolność pochłaniania promieniowania [-],
C_p	– ciepło właściwe powietrza przy stałym ciśnieniu [$J \cdot (kg \cdot ^\circ K)^{-1}$],
E	– energia przejmowana [$J \cdot s^{-1}$],
F	– powierzchnia [m^2],
g	– przyspieszenie ziemskie [$m \cdot s^{-2}$],
h	– wysokość [m],
l	– długość [m],
T, t	– temperatura [$^\circ K$, $^\circ C$],
w	– prędkość [$vm \cdot s^{-1}$],
p	– ciśnienie [$N \cdot m^{-2}$],
Re	– liczba Reynoldsa [-],
Pr	– liczba Prandtla [-],
η	– wsp. lepkości dynamicznej [$vkg \cdot (s^{-1})$],
λ	– wsp. przewodzenia ciepła [$vW/(m \cdot ^\circ K)$],
ρ	– gęstość powietrza [$kg \cdot m^{-3}$],
WPC	– Współcz. Przejm. Ciepła [$W \cdot m^{-2} \cdot ^\circ K$],
X	– wsp. ejejkcji [-].

Wstęp

W obiektach drobiarskich wymagana jest szczególnie intensywna wentylacja. Istniejące rozwiązania wentylacji naturalnej nie sprawdzały się w tym obszarze zastosowań. Grawitacja lub wiatr nie mogły zapewnić wystarczającego poziomu wymiany powietrza w kurniku i pewności działania. W związku z występującą zależnością, między nagrzewaniem samego obiektu i powietrza wentylacyjnego a intensywnością promieniowania słonecznego, zaproponowano rozwiązanie wykorzystujące strumienicę, napędzaną ciepłem generowanym przez słońce, do wytworzenia potrzebnego ciągu powietrza wentylacyjnego. Rozwiązanie to zwiększa swą wydajność wraz ze wzrostem temperatury.

Cel pracy i problemy badawcze

Celem pracy była weryfikacja postawionej hipotezy że: „System wentylacyjny oparty na strumienicy połączonej z kolektorem słonecznym ma wydajność większą niż klasyczny system grawitacyjny i wystarczającą do skutecznej wentylacji budynków inwentarskich.” Z powyższego wynikają problemy badawcze, czyli konieczność określenia: „Jaki jest przebieg parametrów charakteryzujących zastosowaną, w przyjętym rozwiązaniu strumienicę, w zależności od jej sprawności?” oraz „Jak zmienia się ilość powietrza usuwanego z budynku inwentarskiego, przez system wentylacyjny ze strumienicą i kolektorem słonecznym, w zależności od temperatury otoczenia?”



Rys. 1. Wzajemne zależności parametrów fizycznych urządzenia
Fig. 1. Interdependence of the physical parameters of the device

Metodyka badań

Wstępem do badań była analiza wzajemnego wpływu poszczególnych parametrów elementów składowych urządzenia na siebie i przewidywane efekty robocze. W literaturze na temat strumienicy brak części potrzebnych informacji. Z zamiarem uściślenia potrzebnych danych zbudowano model odwzorowujący części składowe przewidywanego urządzenia w skali 1:5 – w celu doboru optymalnych wartości parametrów dla modelu podstawowego (w stosunku do teoretycznych). Dobrano w ten sposób przede wszystkim wyróżnik konstrukcyjny opracowywanej strumienicy wentylacyjnej.

Opracowano algorytm obliczeń uwzględniający sprzężenia zwrotne między poszczególnymi parametrami urządzenia.

Do obliczeń przyjęto wstępnie:

1. wyróżnik konstrukcyjny strumienicy (z badań wstępnych) $\alpha_m = 2,26$
2. wyróżnik strat (najmniej korzystny wg literatury) $\xi = 1,5$
3. temperatura otoczenia $t_{ot} =$
4. temperatura otoczenia $T_p =$
5. współczynnik ejskcji $X =$
6. prędkość napływu powietrza na kolektor $w_{wkp} =$
7. strumień wyciągany z pomieszczenia $Q_s =$
8. ciśnienie ssania $\Delta p_{ts} =$
9. efektywna wartość energii słonecznej (wg Hobler 1986) $E_s =$
10. przekrój kanału wentylacyjnego $F_{kw} =$
11. powierzchnia rzutu poziomego kolektora $F_{kol} =$
12. powierzchnia szczeliny napływowej kolektora $F_{kn} =$
13. wysokość robocza kolektora $h_{kk} =$
14. długość kanału kolektora $l_{kk} =$

Algorytm zawiera 19 pól obliczeń wstępnych i pracuje w 2 pętlach obliczeniowych. Razem wykorzystuje zależności, między parametrami fizycznymi (rys. 1), w 63 podstawowych krokach. Działania z pól powyżej 19 są powtarzane w odpowiednich pętlach. Cykl wewnętrzny optymalizuje prędkość powietrza uzyskiwaną dzięki działaniu kolektora słonecznego. Po uzyskaniu stabilnej wartości obliczanej prędkości, realizowana jest część następna – czyli optymalizacja otworu wlotowego powietrza do kolektora. Proces powtarzania pętli pierwszej realizowany jest teraz dla wartości F_{kn} wynikającej z tej optymalizacji. Stabilizacja wyników obliczeń otworu wlotowego pozwala przejść do zależności końcowych. Zastosowane obliczenia w pętlach symulują sprzężenia zwrotne między parametrami fizycznymi projektowanego urządzenia a więc modelują matematycznie jego działanie. Wykorzystano to do opracowania programu komputerowego (rys. 2) symulującego działanie opracowywanego urządzenia.

Program wylicza podstawowe parametry urządzenia z uwzględnieniem przyjętych założeń. Konstruktor ma możliwość modyfikacji założonych wartości, zgodnie z analizą efektów przeliczeń (rys. 3), z poszczególnych kroków programu oraz wyników końcowych.

Na podstawie wstępnych obliczeń zbudowano model funkcjonalny urządzenia w skali 1:1, połączony z laboratoryjnym kurnikiem, w celu weryfikacji założeń.

Sprawdzono, na tym modelu funkcjonalnym, matematyczne zależności między parametrami fizycznymi przepływających strumieni powietrza. Badania prowadzono tak by wyniki pomiarów uwzględniały zakres temperatur w ciągu roku, od zimowych do letnich (-11 do +36°C). Szczególną uwagę zwrócono na pomiary letnie, czyli w sytuacji gdy klasyczna wentylacja grawitacyjna zanika, ze względu na brak odpowiedniej różnicy gęstości mas powietrza. Jako krytyczne, obserwowano sytuacje zrównoważenia temperatur zewnętrznych i wewnętrznych pomieszczenia (ze względu na porę roku i doby).

Model matematyczny strumienicy wentylacyjnej

Wprowadź temperaturę naoliwy "t" [st. C]:

Wprowadź współczynnik ejskacji "Hi":

Wprowadź strumien zasysany "Qs" [m³/s]:

Wprowadź przekroj kanału naliowego "Fkn" [m²]:

Wprowadź przekroj kanału wentylacyjnego "Fkw" [m²]:

Wprowadź rzut kanału kolektora "Fkol" [m²]:

Wprowadź różnicę cisnieni "dpts" [Pa]:

Wprowadź dlugosc kanału kolektora "lkk" [m]:

Wprowadź wysokosc roboczą kolektora "hkk" [m]:

Wprowadź efektywną wartosc energii slonecznej, "Es" [W]:

Wyniki obliczeń:

Ciąg kolektora: [m/s]

Powierzchnia wlotu kolektora: [m²]

Powierzchnia dyszy: [m²]

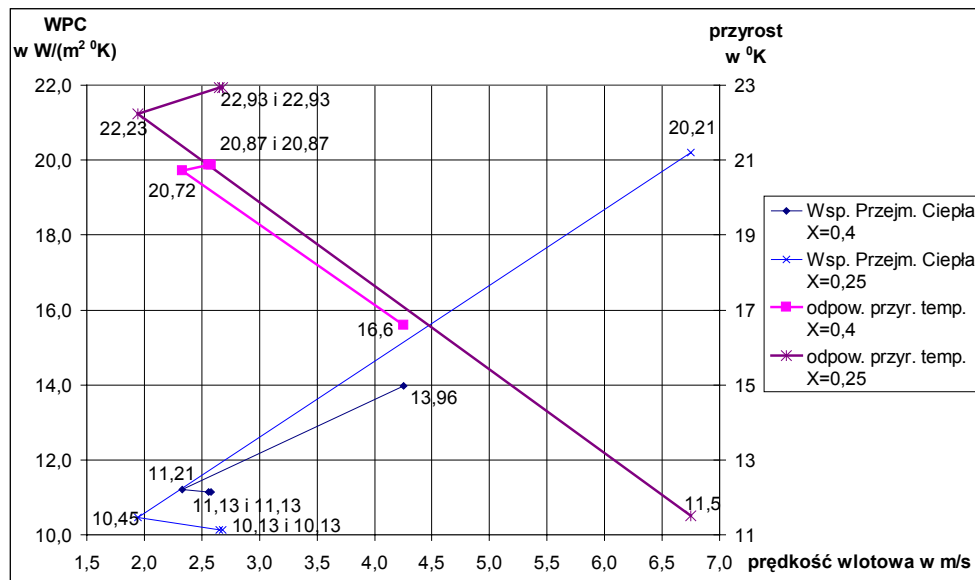
Strumien zasysany optymalny: [m³/s]

Prędkosc strumienia zasysanego: [m/s]

Wyniki obliczeń

Rys. 2. Okno wejściowe programu komputerowego

Fig. 2. Input window of the computer program



Rys. 3. Zbieżność wyników obliczeń zależności fizycznych w kolejnych krokach

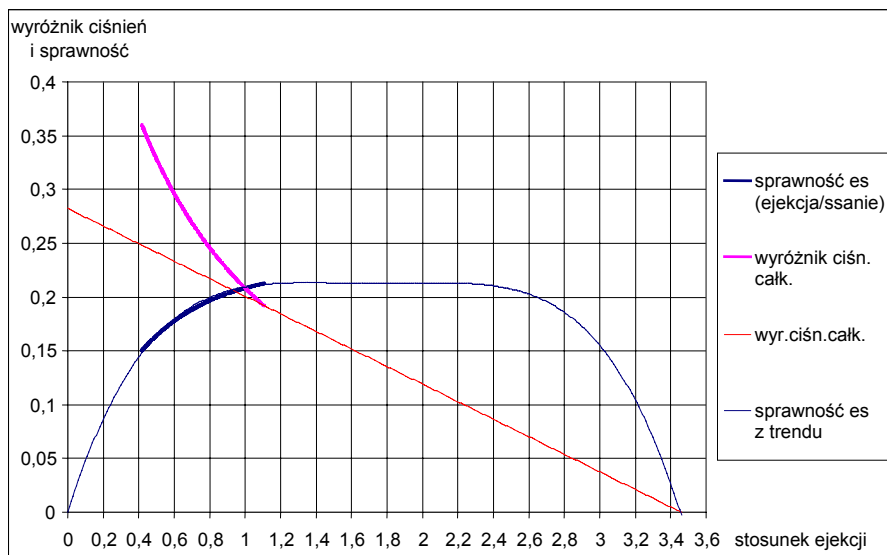
Fig. 3. Convergence of the results of calculations of physical dependencies in successive steps

Wyniki badań

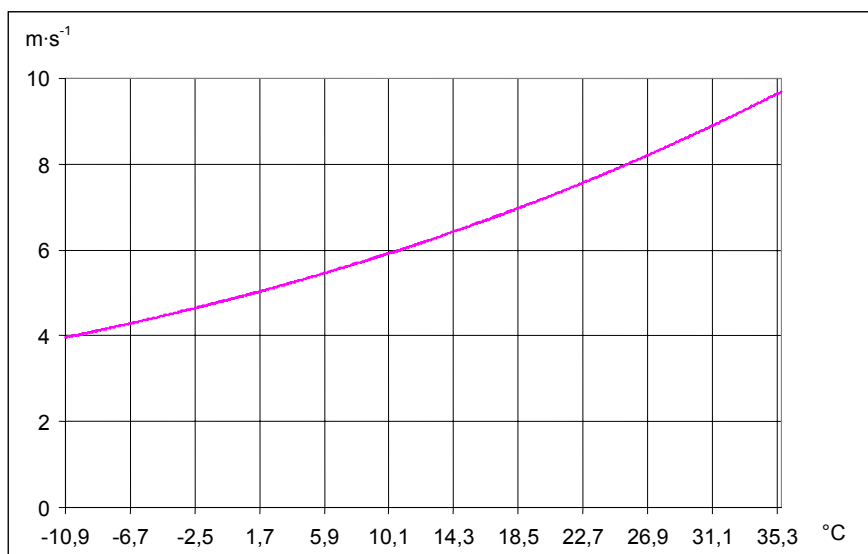
Opracowane urządzenie skutecznie wentylowało pomieszczenie z kurami. Nie obserwowano, u ptaków, objawów zbyt niskiej wymiany powietrza w pomieszczeniu. Należy zwrócić uwagę, że stanowisko badawcze wykazywało opory przepływu wyższe niż typowe w obiekcie inwentarskim. Uzyskana charakterystyka (rys. 4) solarnej strumienicy wentylacyjnej mimo spadku sprawności przy wzroście temperatury otoczenia wykazała większy, niż teoretycznie prawidłowy, przyrost wyróżnika ciśnień (pierwszy problem badawczy). Stosunek eejkcji w okolicy 1,1 odpowiada warunkom zimowym, a 0,4 temperaturom letnim. Stosunek eejkcji to relacja strumienia wyciąganego do zasysającego.

Zarejestrowano, (w zakresie przebadanym) wzrost prędkości wymiany powietrza szybszy niż przyrost temperatury otoczenia (drugi problem badawczy).

Na wykresie przedstawiono teoretyczną granicę możliwości badanego urządzenia, tak jak się to robi dla wentylatorów elektrycznych pracujących bez sprężu (rys. 5).



Rys. 4. Zależność między sprawnością i wyróżnikiem ciśnień (badania własne)
 Fig. 4. Dependency between efficiency and the pressure factor (individual studies)



Rys. 5. Teoretyczny przebieg średniej prędkości wyciąganego powietrza, przy pracy bez obciążenia, w funkcji temperatury otoczenia
 Fig. 5. Theoretical course of the mean flow rate of outflowing air, under no load conditions, in the function of ambient temperature

Podsumowanie

Uzyskane wyniki badań wskazują, że hipoteza została zweryfikowana pozytywnie i urządzenie jest w stanie zapewnić właściwą wymianę powietrza w kurniku.

Bibliografia

- Goliński J.A., Troskoleński A.T.** 1979. Strumienice. Teoria i konstrukcja. WNT Warszawa.
Hobler T. 1986. Ruch ciepła i wymienniki. WNT Warszawa. ISBN 83-204-0699-4.
Praca zbiorowa. 2004. Standardy dla gospodarstw rolnych. Systemy utrzymania drobiu. IBMER Warszawa.

MODELLING OF THE PARAMETERS OF FLOW IN A SUN COLLECTOR-DRIVEN JET PUMP VENTILATION SYSTEM

Abstract. The analysis of the problem of natural ventilation has resulted in a solution linking a jet pump with a sun collector as a source of driving energy. The combination of these two devices, constructionally simple but forming, due to their interrelations, specific feedback, has forced us to develop a method for calculating their operating parameters. Considering the specific operating conditions, some of them had to be determined experimentally, using a suitable model. The implementation of the results obtained in a mathematical model has made it possible to use it to build a 1:1 scale functional model. The model built, intended for a specified group of birds in a laboratory hen house, has been positively verified. The obtained operating characteristics and the maintained environmental conditions in the hen house are satisfactory.

Key words: solar-power ventilation device, jet pump, physical dependencies

Adres do korespondencji:

Adam Chmielowski; e-mail: achmiel@ibmer.waw.pl
Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa w Warszawie, Oddział Poznań
ul. Biskupińska 67
60-463 Poznań