

## Оптимизационен модел за управление на микроклимат в животновъдна сграда

Пламен Даскалов, Цветелина Георгиева, Белма Гаази

**Optimization model for microclimate managing in livestock building:** Optimization model for microclimate managing in livestock building is presented in the paper. Information systems for optimizing the parameters of the microclimate allows by changing the external parameters to calculate the lower critical temperature in the presence and absence of floor heating is developed. The developed mathematical model and used genetic algorithm in Matlab identify the economic parameters of revenue and expenditure in the livestock building.

**Key words:** Optimization model, Livestock Building, Microclimate, Pigs health.

### ВЪВЕДЕНИЕ

Икономически ефективното подобряване на енергийните характеристики на животновъдните сгради е сред основните цели на съвременното земеделие. Един от най-добрите възможности за постигане на тази цел е въвеждането на оптимизационна процедура, която да оптимизира разходите за енергия и заедно с това да създава топлинен комфорт на животните в сградата.

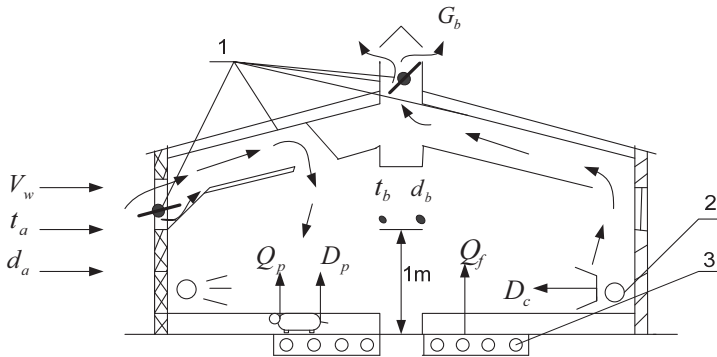
Един от пътищата за намаляване на енергийните разходи при системите за микроклимат в животновъдна сграда е да се поддържа температурата на въздуха в границите между долно и горно критичните температури. Управлението на температурата по този начин сравнено спрямо случая, когато се осигурява оптимална, в съответствие с нормативни изисквания, може да доведе до намаляване разхода на енергия до 25-30 % [1]. Друг подход за намаляване на енергийните разходи при система за микроклимат е използване на локално подово отопление в сградите. Анализите показват, че подовото отопление осигурява снижаване с 25-40 % на експлоатационните разходи при отопления на помещения с голям обем [2].

Цел на настоящата публикация е да се представи оптимизационен модел за управление на микроклимат в животновъдна сграда за отглеждане на свине, която ще служи за подобряване на жизнената среда в помещенията за отглеждане на животните и снижаване на енергийните разходи.

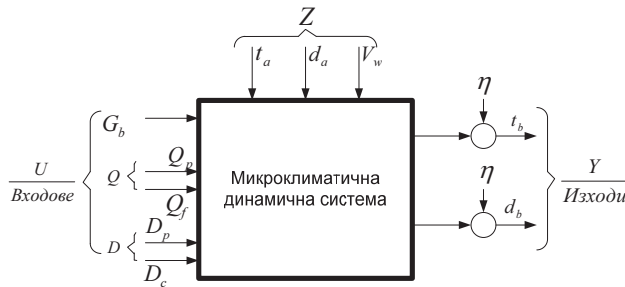
### ИЗЛОЖЕНИЕ

Обект на изследването е стандартна панелна сграда за 880 подрастващи свине (фиг.1). Сградата е оборудвана с контури за управляема естествена вентилация (1), за охлаждане на въздуха, чрез допълнително овлажняване (2) и подово отопление (3). Размерите на сградата са: дължина 35м, ширина 12м и височина 5м. Изследвани са температурата  $t_b$  и влагосъдържанието  $db$  на въздуха вътре в сградата.

Температурно-влажностните процесите на микроклимата, заедно с животновъдното помещение се разглеждат като динамична система, на която действат управляващите входни величини  $U$  и измеримите смущаващи величини  $Z$  (фиг.2). Изходни величини  $Y$  на микроклиматичната динамична система са температурата ( $t_b$ , °C) и влагосъдържанието ( $db$ , g/kg) на въздуха вътре в животновъдната сграда.



Фиг. 1. Общ вид на свиневъдната сграда с контури за управляема естествена вентилация (1), за охлаждане на въздуха (2) и подово отопление (3)



Фиг.2. Блок-диаграма на температурно-влажностните процеси на микроклимата, като обект за изследване

Входните управляващи величини  $U$  и смущаващите величини  $Z$  са обосновани на основата на теоретични зависимости за топло и влаго баланса на сградата и на тяхна база са дефинирани математичните модели за изходите  $Y$ , съответно като система диференциални уравнения от 1-ви ред с общ вид [3]:

$$\frac{d(t_b)}{dt} = f(Q_p, Q_f, G_b, V_w, t_a, d_a, D_p, D_c, t_b) \quad (1)$$

$$\frac{d(d_b)}{dt} = f(Q_p, Q_f, G_b, V_w, t_a, d_a, D_p, D_c, d_b)$$

където :

$G_b$  - е количеството на вентилирания въздух в помещението,  $m^3/h$ ;

$t_a$  - температурата на атмосферния въздух,  $^{\circ}C$ ;

$d_a$  - влагосъдържанието на атмосферния въздух,  $g/kg$ ;

$V_w$  - скоростта на вятъра,  $m/s$ ;

$Q_p$  - количеството на топлината, отделяна от животните,  $kW$ ;

$Q_f$  - количеството на топлината, отделяна от контура за подово отопление,  $kW$ ;

$D_p$  - количеството на влагата, отделяна от животните,  $kg/h$ ;

$D_c$  - количеството вода, пулверизирано от контура за овлажняване,  $kg/h$ ;

$\eta$  - шумът в наблюденията;

$f$  - функционален оператор.

Топлоотделянето ( $Q_p$ ) и влагоотделянето ( $D_p$ ) от животните са дефинирани като независими входни променливи за микроклиматичната система и са изчислявани по следните регресионни уравнения за 20kg подрастващи свине :

$$Q_p = N_p 0.096 \left[ 0.8 - 1.85 \times 10^{-7} (t_b + 10)^4 \right] \quad (2)$$

$$D_p = N_p 0.001 \left( 0.26 t_b^2 - 6.46 t_b + 81.6 \right)$$

където  $N_p$  е броят на животните в свиневъдната сграда ( $N_p=880$ ).

Включването на  $Q_p$  и  $D_p$  като независими променливи в системата (1) позволява да се търси параметрична идентификация на система диференциални уравнения от I-ви ред, описващи микроклиматичните параметри само на животновъдната сграда. Общото количество на топлината и влагата, отделяна в сградата може да се представи с изразите:  $Q=Q_f+Q_p$  и  $D=D_c+D_p$ . След това полагагане окончателно за структурата на математичните модели на микроклимата се записва:

$$\frac{d(t_b)}{dt} = f(t_a, d_a, V_w, G_b, Q, D, t_b) \quad (3)$$

$$\frac{d(d_b)}{dt} = f(t_a, d_a, V_w, G_b, Q, D, d_b) \quad (4)$$

Уравнението (5) представлява модел за определяне на долко-критичната температура  $t_{cf}$ , включващ допълнителен фактор - температура на повърхността на пода  $t_f$ .

$$t_{cf} = t_b - \left[ \frac{1 + \frac{A_f(R_a - R_f)}{A(R_t + R_f)} - \frac{A_c}{A}}{1 - \frac{A_f}{A} - \frac{A_c}{A}} \right] + \frac{Q_e R_a - Q_n(R_t + R_a)}{\left[ A \left( 1 - \frac{A_f}{A} - \frac{A_c}{A} \right) \right]} - t_f \frac{A_f(R_t + R_a)}{(R_t + R_f) \left[ A \left( 1 - \frac{A_f}{A} - \frac{A_c}{A} \right) \right]} \quad (5)$$

Разработването на модела за оптимизиране на микроклимата и намирането на икономическите параметри става като се намерят уравненията за приходите и разходите в животновъдната сграда и се обединят в обща зависимост за намиране на целевата функция.

За целта е изведено уравнение за приходите, което се изчислява на база намереният прираст (уравнение (6)):

$$Pr_{max}(t_c) = a \cdot t_c^2 + b \cdot t_c + c \quad (6)$$

където  $Pr_{max}$  е максимален стойност на прираста, kg;

$t_c$  – оптимална температура на въздуха в помещението, °C;

$a, b, c$  – коефициенти на съответното квадратично уравнение.

$$P(t_c) = P_r \cdot C_M \quad (7)$$

където  $P$  е приходи;

$P_r$  – Прираст, кг;

$C_M$  – цена на месо, лв.

Разходите в общ вид се записват със следните зависимости:

$$Z_t = Z_F + Z_Q \quad (8)$$

където  $Z_t$  са общите разходи, получени при сбора на  $Z_F$  (разходи за фураж) и  $Z_Q$  (разходи за отопление).

Разходите за отопление се получават, като се има в предвид уравнение (6):

$$Z_Q = Q_f \cdot C_{Qf} \quad (9)$$

$Q_f$  - количество на топлината, отделяна от контура за подово отопление, kW;

$C_{Qf}$  – цена на ток, лв.

Разходите за фураж могат да се изразят по следния начин:

$$Z_F = F \cdot C_F, \quad (10)$$

където  $F$  е необходимото количество фураж на ден;

$C_F$  – цена на фуража.

Окончателно за целевата функция  $L$  (печалба) се получава:

$$L = P - Z_t \quad (11)$$

Разработеният графичен интерфейс на информационната система за определяне на оптималните параметри на микроклимата в животновъдна сграда е показан на фиг.3.

Фиг.3. Графичен интерфейс на информационната система за определяне на оптималните параметри на микроклимата в животновъдна сграда

Той се състои от следните елементи:

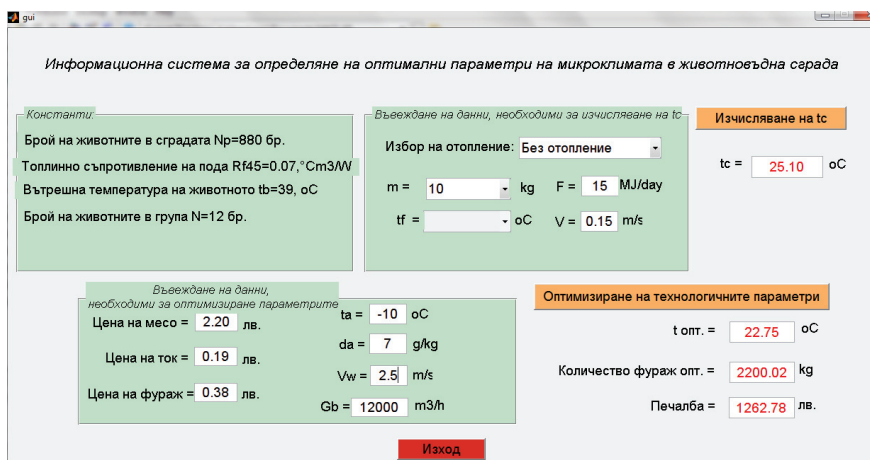
- Панел „Константи” – В този панел са дадени константни параметри за брой на животните в сградата  $N_p$ , топлинно съпротивление на пода  $R_{f45}$ , вътрешната температура на животните  $t_b$  и брой животни в бокс  $N$ .
- Панел „Въвеждане на данни, необходими за изчисляване на  $t_c$ ” – Този панел съдържа параметрите, с помощта на които се изчислява модела за температурата на въздуха в животновъднатата сграда. Те са:
  - ❖ Избор на отопление – използван е графичен обект pop-up menu, при което имаме две възможни позиции: без подово отопление или с подово отопление.
  - ❖ Маса на животното  $m$  – за въвеждане на масата на подрастващото прасе е използван графичен обект от вида „падащо меню”.
  - ❖ Избор на температура на подовото отопление  $t_f$ . Температурата на подовото отопление зависи от падащото меню „Избор на отопление”. Ако е избрана опцията „с отопление”, тогава падащото меню „ $t_f$ ” става

активно. При избор на „без отопление“, падащото меню става неактивно.

- ❖ Въвеждане на ниво на хранене F.
- ❖ Въвеждане на скорост на въздушните потоци в сградата V – този параметър се въвежда аналогично на параметъра F.
- Бутон „Изчисляване на  $t_c$ “. Този бутон е обвързан с всички променливи зададени в панелите „Константи“ и „Въвеждане на данни, необходими за изчисляване на  $t_c$ “.
- Извеждането на  $t_c$  (температура на въздуха в помещението). Тук се извежда резултата след натискане на бутона „Изчисляване на  $t_c$ “.
- Панел „Въвеждане на данни, необходими за оптимизиране на параметрите“. В този панел се въвеждат:
  - Цена на месо, лв
  - Цена на ток, лв
  - Цена на фураж, лв
  - $t_a$  – температура на атмосферния въздух, °C
  - $d_a$  – Влагосъдържание на атмосферния въздух, g/kg
  - $V_w$  – Скорост на вятъра, m/s
  - $G_b$  - Въздухообменът в сградата, m<sup>3</sup>/h.
- Бутон „Оптимизиране на технологичните параметри“ – този бутон освен с параметрите от панел „Въвеждане на данни, необходими за оптимизиране на параметрите“ е обвързан и с масата на животното m.
- Полета за извеждане на резултатите от оптимизацията.

Получените резултати от моделите за оптималната температура на въздуха, оптималното количество фураж и печалбата са получени при различни стойности на масата на подрастващите прасета m, температурата на пода  $t_f$ , консумацията на енергия във вид на храна F, скоростта на въздушните потоци в сградата V, цената на месо, цената на тока, цената на фуража, температурата  $t_a$  и влагосъдържанието  $d_a$  на атмосферния въздух, скоростта на вятъра  $V_w$  и въздухообмена в сградата  $G_b$ .

На следващите фигури 4 и 5 са показани графичният интерфейс за изчисляване на оптималните параметри на микроклимата без подово отопление, при различни стойности на масата на подрастващото прасе.



Фиг. 4. Графичен интерфейс за изчисляване на оптималните параметри на микроклимата без подово отопление ( $m=10$ )

Информационна система за определяне на оптимални параметри на микроклимата в животновъдна сграда

*Константи:*

Брой на животните в сградата  $N_p=880$  бр.

Топлинно съпротивление на пода  $R_{f45}=0.07, \text{ }^\circ\text{Cm}^2/\text{W}$

Вътрешна температура на животното  $t_b=39, \text{ }^\circ\text{C}$

Брой на животните в група  $N=12$  бр.

*Въвеждане на данни, необходими за изчисляване на  $t_c$*

Избор на отопление: Без отопление

$m = 30$  kg     $F = 15$  MJ/day

$t_f =$      $V = 0.15$  m/s

**Изчисляване на  $t_c$**

$t_c = 13.55$   $^\circ\text{C}$

*Въвеждане на данни, необходими за оптимизиране параметрите*

Цена на месо =  $2.20$  лв.

Цена на ток =  $0.19$  лв.

Цена на фураж =  $0.38$  лв.

$t_a = -10$   $^\circ\text{C}$

$d_a = 7$  g/kg

$V_w = 2.5$  m/s

$G_b = 12000$  m<sup>3</sup>/h

**Оптимизиране на технологичните параметри**

$t_{\text{опт.}} = 12.03$   $^\circ\text{C}$

Количество фураж опт. =  $3981.93$  kg

Печалба =  $937.08$  лв.

**Изход**

Фиг.5. Графичен интерфейс за изчисляване на оптималните параметри на микроклимата при  $m=30$

От получените резултати може да се направи следния извод: при увеличаване на масата на подрастващото прасе  $m$  и при липса на подово отопление, долнокритичната температура  $t_c$  рязко намалява, като следствие необходимото количество фураж се увеличава, т.е разходите също се увеличават, печалбата намалява.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Високите изисквания за рентабилност на производството налагат въвеждане на информационни-съветващи системи за оптимизиране параметрите на микроклимата в животновъдните сгради. Разработената информационна система за оптимизиране на параметрите на микроклимата позволява чрез промяна на външните параметри да се изчисли долно-критичната температура при наличие и при отсъствие на подово отопление. Чрез разработения математичен модел и използвания генетичен алгоритъм в средата на Matlab се определят и икономическите параметри на приходите и разходите в животновъдната сграда.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Медведев С. И. Совершенствование управления тепловим режимом в животноводческих помещениях. МЭСХ. 1984.
- [2] Стамов С. Д. Централни отоплителни инсталации. С., 1980.
- [3] Даскалов, П. И. Идентификация на динамиката на температурно – влажностните процеси на микроклимата в животновъдна сграда.

## За контакти:

проф. д-р инж. Пламен Даскалов, Център за продължаващо обучение, Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 405, e-mail: daskalov@uni-ruse.bg  
 доц. д-р инж. Цветелина Георгиева, Катедра "Автоматика и Мехатроника", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 668, e-mail: sgeorgieva@uni-ruse.bg

Белма Гаази, Катедра "Автоматика и мехатроника", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 684, e-mail: bgaazi@uni-ruse.bg

**Докладът е рецензиран.**