

УДК 621.9289

**Сколозdra С.В.**, к.т.н., доцент, **Чайковський Б.П.**, к.т.н., доцент, ©  
Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій  
імені С.З.Гжицького

**Лецик О.С.**, інж., Львівське відкрите акціонерне товариство "Іскра"

## РОЗРАХУНОК, ВИБІР І КОНТРОЛЬ РЕЖИМУ ІНФРАЧЕРВОНОГО ОБІГРІВУ МОЛОДНЯКА

*Визначено вихідні дані для розрахунку режиму інфрачервоного обігріву молодняка тварин. Наведено методику розрахунку системи теплового обігріву тваринницьких приміщень.*

*Показано, що вибір джерел ІЧ-випромінювання по спектральній і енергетичній ефективності їх впливу на тварин є недостатній в зв'язку з неточністю вимірювання спектральних характеристик шкіри живих організмів. Наведена номограма для спрощення вибору параметрів джерел ІЧ-випромінювання, яка дозволяє знайти висоту підвісу опромінювачів, напругу на ІЧ-лампах і спосіб користування нею.*

*Обґрунтовано, що температура повітря в зоні ІЧ-обігріву всього на 1-2<sup>0</sup>С вища температури повітря за рахунок променистого нагріву і наступної конвективної теплопередачі від металевих конструкцій клітки і арматури випромінювача, тому тепловий режим під ІЧ-опромінювачами не можна контролювати ртутними, спиртовими термометрами, термографами.*

*Показано, що для об'єктивної оцінки теплового режиму при ІЧ-обігріві молодняка тварин необхідно користуватись спеціальними приладами – болометрами, термоелектричними термометрами, оптико-акустичними приймачами.*

**Ключові слова:** ІЧ-випромінювання, доза опромінення, установка ІЧ-випромінювання, опроміненість, потужність установки, висота підвісу, тепловий потік опромінювачів.

**Вихідні дані для розрахунку.** Режими включення і виключення ІЧ-випромінювачів визначаються відповідно до біологічних циклів тварин, пов'язаних з періодичністю їх годівлі і відпочинку впродовж доби, а також для загартування молодняка.

Основним параметром, який визначає режим ІЧ-обігріву, є ІЧ-опроміненість. Розрахунок необхідного значення ІЧ-опроміненості з рівняння теплового балансу зв'язаний з рядом відомих складностей, тому приблизно опроміненість  $E$  можна визначити простішим способом за допомогою поняття "відчутна температура".

При дослідженні променистого обігріву для людей використовують поняття "комфортний тепловий режим", "відчуття теплового затишку", "відчутна температура", які характеризують баланс теплового режиму людини з умовами навколишнього середовища.

**Розрахунок системи теплового обігріву** проводиться згідно з рівнянням Скунца:

$$t_e = t_n + 0,0716M_s, \quad (1)$$

де  $t_e$  – відчутна температура;

$t_n$  - температура повітря в приміщенні;

$M_s$  - енергетична світимість огорожуючих поверхонь, Вт/м<sup>2</sup>;

0,0716 – емпіричний коефіцієнт Бедфорда, м<sup>2</sup>·К/Вт [1].

Тепловіддача з поверхні тіла тварин визначається:

1. Температурою повітря –  $t_n$ .

2. Температурою поверхні огорожень, звернених в приміщення  $t_p$  - радіаційна температура приміщень.

Температура приміщення  $t_{np}$  визначається як середньоарифметичне значення температур  $t_n$  і  $t_p$ .

При променистому і конвективному обігріві, а також при великих холодних поверхнях зовнішніх огорожень в приміщенні виникає істотна різниця між температурами  $t_p$  і  $t_{np}$ .

Для приміщень із значною рухливістю повітря  $t_{np}$  визначається формулою:

$$t_{np} = mt_p + (1-m)t_n, \quad (2)$$

де  $m$  – дослідний коефіцієнт. рівний для корівників 0,3, свинарників 0,42, житлових будівель 0,5 [2].

При конвективному обігріві коли в приміщенні нема високотемпературних джерел випромінювання  $t_e$  в формулі (1) рівна  $t_{np}$ . Якщо використовуються ПЧ-випромінювачі для локального обігріву, то відчутна температура  $t_e$  визначається формулою:

$$t_e = t_{np} + k k_l E = t_{np} + k t_n, \quad (3)$$

де  $k_l = 0,04 \cdot m^2 / \text{Вт}$  – градувальний коефіцієнт, який зв'язує ПЧ-опроміненість з температурою, яка отримується на поверхні обігрівного об'єкту за рахунок ПЧ-випромінювання;

$t_{np}$  - температура приміщення при комбінованому обігріві;

$k$  – коефіцієнт "сприйняття" ПЧ-випромінювання організмом тварини.

Коефіцієнт "сприйняття" характеризує те, що один і той же потік ПЧ-випромінювання сприймається організмом тварин неоднаково і залежить від виду, віку і навіть індивідуальних особливостей тварин. Це сприйняття організму на однакові умови ПЧ-опромінення визначається, з одного боку, фізичними параметрами і хімічним складом шерстно-шкіряного покриву, з другої – швидкістю руху і температурою повітря в приміщенні.

Рівняння (3) з врахуванням (2) отримає вигляд для конвективного і конвективно-променистого обігріву:

$$t_e = m t_p + (1-m) t_n; \quad (4)$$

$$t_e = m t_p = (1-m) t_n + k t_n, \quad (5)$$

де  $t_p$ ,  $t_n$ ,  $t_p$ ,  $t_n$  - значення температур огорожуючих поверхонь і повітря для конвективного і конвективно-променистого обігріву. З формул (4) і (5) визначимо коефіцієнт  $k$

$$k = \frac{m\Delta t_p + (1-m)\Delta t_n}{t_l} = \frac{\Delta t_{np}}{t_l}, \quad (6)$$

де  $\Delta t_p = t'_p - t_p$ ;  $\Delta t_n = t'_n - t_n$ ;  $\Delta t_{np} = t'_{np} - t_{np}$ ;  $\Delta t_{np}$  – додаткова температура приміщення, необхідна для досягнення “комфортного” рівня в зоні знаходження молодняка при вихідних значеннях  $t_n$  і  $t_p$ .

З формули (6) виходить, що  $k = 1$  при  $\Delta t_{np} = t_l$ , тобто в цьому випадку тварина в однаковій мірі сприймає рівновелику зміну температури на поверхні тіла за рахунок променистого або конвективного обігріву.

Коефіцієнт  $k$  можна представити в вигляді

$$k = k_\alpha k_T k_{\tilde{v}}, \quad (7)$$

де  $k_\alpha$ ,  $k_T$ ,  $k_{\tilde{v}}$  – долі коефіцієнта “сприйняття”, які залежать від коефіцієнта поглинання шкірно-шерстного покриву, стану системи терморегуляції і швидкості повітря.

Коефіцієнт поглинання шкірно-шерстного покриву завжди менший 1, тобто  $k_\alpha \leq 1$ .

Кількість теплоти, яка необхідна організму для збереження теплового балансу, залежить від стану системи терморегуляції і температури тіла організму і може бути різною. В випадку ІЧ-обігріву “комфортний” рівень може бути досягнутий при  $t_l < \Delta t_{np}$  (особливо для тварин з низькою температурою тіла). В цьому випадку  $k_T > 1$ , в інших випадках  $k_T \leq 1$ .

Дія ІЧ-випромінювання на організм тварини в залежності від швидкості руху повітря може послаблюватися або підсилюватися. При великих швидкостях  $\tilde{v}$  відбувається швидке охолодження поверхні тіла тварини і  $k_{\tilde{v}} \leq 1$ , при  $\tilde{v} \approx 0$ , навпаки, навколо тіла тварини створюється «повітряна сорочка», яка сприяє збереженню теплоти і  $k_{\tilde{v}} \geq 1$ , таким чином,  $k \geq 1$  або  $k \leq 1$ .

В результаті розрахункових і експериментальних досліджень встановлено, що для деяких видів молодняка сільськогосподарських тварин (поросят, телят) і птиці (курчат, індюшат)  $k \approx 1$  [3].

**Вибір джерел ІЧ-випромінювання** по спектральній і енергетичній ефективності їх впливу на тварин є недостатнім в зв'язку з неточністю вимірювання спектральних характеристик шкіри живих організмів. Достатньо надійні дані отримані лише для шкіри людини – інтегральний коефіцієнт поглинання  $k_\alpha$  ІЧ-випромінювання шкірою і підшкірними шарами в цьому випадку для “світлих” джерел рівний  $\approx 0.8$ , для “темних” –  $\approx 0.95$ [4].

Для спрощення вибору параметрів джерел ІЧ-випромінювання можна побудувати номограми для різних джерел ІЧ-випромінювання, які дозволяють знайти висоту підвісу опромінювачів і напругу на ІЧ-лампах. Приклад такої номограми для ламп типу ЛФІЧ 230-250 (виготовлення Львівського відкритого акціонерного товариства «Іскра») наведений на рис.1.

**Порядок користування номограмою.** Вихідні дані: температура повітря в приміщенні  $t_n = 18^\circ\text{C}$  (точка А), температура огорожень  $t_p = 15^\circ\text{C}$  (точка В).

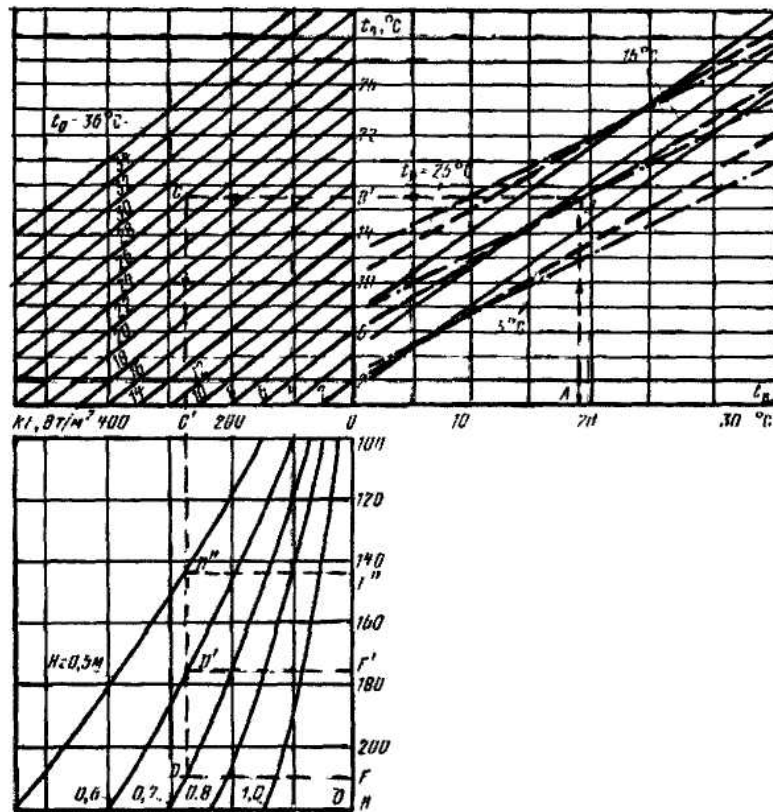
Виходячи з  $t_n = 18^\circ\text{C}$  по правій верхній частині номограми визначимо точку В'  $t_{np} = 17^\circ\text{C}$  (точка В'), потім проводимо лінію ВВ' до перетину з прямою, яка відповідає  $t_s = 28^\circ\text{C}$ . Опускаємо перпендикуляр СС' на горизонтальну вісь і

визначаємо значення  $kE = 275 \text{ Вт/м}^2$ . Проводимо пряму  $CC'$  до перетину з кривими нижньої лівої частини номограми ( $D''$ ,  $D'$ ,  $D$ ). На цій частині номограми можуть бути вибрані наступні значення висоти підвісу і напруги на лампі:  $H = 0,5 \text{ м}$ ,  $U = 145 \text{ В}$  (точки  $D''F''$ ), без регулятора –  $H = 0,7 \text{ м}$ ,  $U = 220 \text{ В}$  (точки  $D, F$ ). В залежності від вибраних  $U$  і  $H$  зміниться площа обігріву.

**Вибір параметрів установки і режиму ІЧ-обігріву** молодняка можна виконати двома шляхами: а) по максимальному значенню опроміненості в зоні ІЧ-обігріву (під центром ІЧ-лампи), в цьому випадку опроміненість  $E$  в інших точках поля менша від максимальної; б) за середнім значенням на опромінюваній поверхні в зоні ІЧ-обігріву  $E_{сер}$  визначиться за формулою

$$E_{сер} = \frac{\Phi_T}{A}, \tag{8}$$

де  $\Phi_T$  – падаючий тепловий потік;  $A$  – площа опромінюваної поверхні.



**Рис.1. Номограма для визначення висоти підвісу опромінювача і напруги розжарення з лампою типу ЛФІЧ 230-250 залежно від температури приміщення  $t_{np}$ , середньої температури огороджуючи поверхонь  $t_p$  і необхідного комфортного рівня  $t_s$ .**

----- свиарники,  $t_{np} = 0,42t_p + 0,58t_n$ ; ————— - корівники,  $t_{np} = 0,3t_p + 0,7t_n$ ; — · — · — — — - інші приміщення,  $t_{np} = 0,5t_p + 0,5t_n$ .  
 $\Phi_T$  – визначається за формулою

$$\Phi_T = \int_0^l E(l)2\pi dl = \sum_i E_i \Delta A_i, \quad (9)$$

Враховуючи те, що розподіл поля опроміненості на горизонтальній площині під ІЧ-лампю володіє центральною симетрією, його можна розділити на ряд концентричних кілець шириною  $\Delta$ , тоді середня опроміненість визначиться за формулою

$$E_{сep} = \frac{\pi \Delta^2 \sum_i (2i-1) E_i}{\pi \Delta^2 i^2} = \frac{\sum_i (2i-1) E_i}{i^2}, \quad \text{Вт/м}^2 \quad (10)$$

Аналогічно для  $t_{iч, сep}$

$$t_{iч, сep} = \frac{\sum_i (2i-1) t_{iчi}}{i^2}.$$

Цим способом розрахунок променистої теплоти, яка надходить тварині, спрощується, так як

$$E = \frac{d\Phi_T}{dA} = \frac{d^2 Q}{dAdT}, \quad (11)$$

де  $Q$  – енергія, Дж;

$T$  – час, с.

При ІЧ-нагріві лампами переважає променистий спосіб теплопередачі, коли енергія випромінювання поглинається безпосередньо об'єктом – верхніми шарами шкіри, шерстним, пухо-пир'яним покривом.

Повітря при цьому практично не нагрівається. Як показали експериментальні дослідження, температура повітря в зоні ІЧ-обігріву всього на  $1-2^0$  С вища температури повітря за рахунок променистого нагріву і наступної конвективної теплопередачі від металевих конструкцій клітки і арматури випромінювача [5].

Тому тепловий режим під ІЧ-опромінювачами не можна контролювати ртутними, спиртовими термометрами, термографами. При біологічних дослідженнях це приводить до методичних помилок. При контролі теплового режиму приміщення термометром «рівень комфортності» виявляється набагато нижчим (до  $10^0$ С) істинного значення.

Для об'єктивної оцінки теплового режиму при ІЧ-обігріві молодняка тварин необхідно користуватись спеціальними приладами – болометрами, термоелектричними термометрами, оптико-акустичними приймачами.

#### **Висновки:**

1. Інфрачервоний обігрів тварин і птиці значно ефективніший і економічніший від повітряного і конвективного обігріву.

2. Вибір джерел ІЧ-випромінювання за спектральною і енергетичною ефективністю їх впливу на тварин є недостатнім у зв'язку з неточністю вимірювання спектральних характеристик шкіри живих організмів.

3. Для спрощення вибору параметрів джерел ІЧ-випромінювання необхідно будувати номограми для різних джерел ІЧ-випромінювання, які дозволяють знайти висоту підвісу опромінювачів і напругу на ІЧ-лампах.

4. Об'єктивну оцінку теплового режиму при ІЧ-обігріві молодняка тварин можна отримати за допомогою спеціальних приладів – болометрів, термоелектричних термометрів, оптико-акустичних приймачів.

#### Література

1. Wolf H. Strahlend temperiert. – MM – Industrie, 1972, Bd 78, № 19, S. 360-362.
2. Быков М.А. Расчет температурно-влажностного режима животноводческих помещений. – М.: Стройиздат, 1965. – 140 с.
3. Мотэс. Э. Микроклимат животноводческих помещений. – М.: Колос, 1976. – 192 с.
4. Борхерт А., Юбиц В. Техника инфракрасного нагрева. – М.: Госэнергоиздат, 1963. -278 с.
5. Кожевникова Н.Ф., Конохова О.И. Устройство для локального инфракрасного обогрева цыплят. - Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства, № 9, с. 21-24.

#### Summary

**Skolodra S.V., Chaikovsky B.P.,  
Lviv National University of Veterinary Medicine and Veterinary  
Affair S.Z.Ghytsky**

#### **Lezyk O.S., ing., Opened Joint-stock Company "Iskra"**

*Certainly a nomogram is given for the calculation of the mode of the infra-red heating of sapling of zoons.*

*The method of calculation of the system of the thermal heating of stock-raising apartments is resulted.*

*It is noted that the choice of sources of infra-red - radiation on spectral and power efficiency of their influence on zoons unsuffices in connection with inaccuracy of measuring of spectral descriptions of skin of living organisms. Resulted nomogram for simplification of choice of parameters of sources of infra-red - radiation, which allows to find the height of nidicity of irradiators and tension on infra-red - lamps and method of the use by it.*

*Grounded, that temperature of air in the area of infra-red - to heating of all on 1-20C more high temperatures of air due to the effulgent heating and next convections heat transfer from the metallic constructions of cage and armature of emitter, that is why thermal mode under infra-red - by irradiators it is impossible to control mercury, alcoholic thermometers, thermographs.*

*It is noted that for the objective estimation of the thermal mode at infra-red - heated of sapling of zoons it is necessary to use the special devices – bolometers, thermels, optik- acoustic receivers.*

*Стаття надійшла до редакції 23.03.2010*