УДК 621.9289

Сколоздра 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 І ПРОЕКТУВАННЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОГО ІНФРАЧЕРВОНОГО ВИПРОМІНЮВАЧА ДЛЯ ОБІГРІВУ ТВАРИН І ПТИЦІ

Показано значення інфрачервоного випромінювання (ІЧ-випромінювання) для обігрівання тварин і птиці в холодну пору року.

Приведено математичне описання процесу ІЧ-опромінення.

Визначено, що дія ІЧ-випромінювання проявляється як у підвищенні температури в приміщенні, так і в прогріванні шкіри і тканин тварини за рахунок поглинання його.

Приведено температурні режими, які повинні забезпечувати ІЧ-випромінювачі для опромінення тварин і птиці.

Показано, що найбільш ефективними для створення локальних температурних зон є ІЧ-випромінювачі.

Приведено методики розрахунку дзеркального відбивача і спірального джерела випромінювання.

Показано конструкцію низькотемпературного ІЧ-випромінювача.

Ключові слова: ІЧ-випромінювання, ІЧ-випромінювач, тварини, птиці, температурний режим, дзеркальний відбивач, джерело випромінювання, конструкція ІЧ-випромінювача.

ІЧ-випромінювання займає основну частину оптичної області спектру - спектральний діапазон, що примикає до крайньої довгохвильової (червоної) частини видимого сонячного випромінювання.

За фізичними способами виявлення і вимірювання відповідно до довжин хвиль λ весь діапазон ІЧ-випромінювання прийнято розділяти на три області: ІЧ-А - λ = 0,78—1,4 мкм, ІЧ-В - λ = 1,4—3 мкм, ІЧ-С - λ = 3 мкм — 1 мм.

ІЧ-випромінювання характерне тим, що воно практично не поглинається повітрям і перетворюється в тепло тільки тоді, коли поглинається тілом. На цьому явищі базується ІЧ-опромінення тварин і птиці в холодну пору року.

Математично цей процес описується формулою

$$\Delta Q_{e\alpha} = \alpha_e E_e S_0 \Delta t, \qquad (1)$$

де $\Delta Q_{e\acute{a}}$ - енергія, поглинута опромінюваним тілом, за час Δt; Дж; $\acute{a}_e$ – коефіцієнт поглинання випромінювання; E_e – густина опромінення, Вт/м$^{-2}$; S_0 – площа опромінюваної поверхні тіла, м^2 [1].

© Сколоздра С.В., Чайковський Б.П., Лецик О.С., 2010

Ріст температури тіла по мірі опромінення підкоряється експоненціальному закону. Установлена температура T_y опромінюваного тіла визначається за формулою

$$T_y = T_n + \frac{\alpha_{eo} E_e - \varphi u a_A}{a_T a_A}, \qquad (2)$$

де T_n – початкова температура тіла, К; $\acute{\alpha}_{eo}$ – коефіцієнт поглинання випромінювання опромінюваним тілом; φ - питома теплота випаровування вологи,
Дж·кг$^{-1}$; u – середня швидкість випаровування вологи, кг·м$^{-2}$·с$^{-1}$; a_A – відношення площ повної і опромінюваної поверхні тіла; a_T - відношення середніх температур повної і опромінюваної поверхонь тіла.

Значення установленої температури тіла визначається в основному густиною опромінення, коефіцієнтом поглинання, коефіцієнтом тепловіддачі і відношенням площ опромінюваної і повної поверхонь опромінюваного тіла.

Дія ІЧ-випромінювання проявляється як у підвищенні температури в приміщенні, так і в прогріванні шкіри і тканин тварини за рахунок поглинання його. При локальному обігріванні молодняка ІЧ-випромінювачами відбувається загартовування організму внаслідок періодичного переходу від вищих температур під випромінювачами до нижчих у загальному приміщенні. Завдяки цьому стимулюється терморегуляція і тренування поверхневої судинної системи, підвищується стійкість організму проти простудних захворювань, поліпшується ріст і розвиток тварин.

Необхідний повітрообмін і підтримку необхідних параметрів температури і вологості в приміщенні здійснюють за допомогою загальної системи вентиляції і обігріву. Для створення локальних температурних зон застосовують додаткові джерела: електронагрівальні килимки, підлоги, що обігріваються, теплогенератори тощо. Найбільш ефективні ІЧ-опромінювачі і опромінюючі установки. Вони володіють цілим рядом переваг в порівнянні з іншими типами нагрівачів. Перш за все, оскільки ІЧ-випромінювання мало поглинається повітрям, майже вся енергія, що випускається може, бути поглинена об'єктом, що обігрівається. Таким чином, застосування ІЧ-випромінювачів для обігріву молодняка тварин і птиці дозволить досягти набагато більшого коефіцієнту корисної дії (ккд) використовування енергії. Окрім того при створенні обігрівачів з ІЧ-випромінювачами зменшуються капітальні і експлуатаційні витрати на обігрів, оскільки ці установки менш металоємні і більш прості по конструкції. При виході з ладу нагрівальних елементів (ламп) в процесі експлуатації заміна їх не представляє труднощів. По даних французьких дослідників витрати на влаштування ІЧ-обігріву в 5—6 разів менше вартості обладнання звичайного опалювання [2].

Інфрачервоні випромінювачі, які застосовуються для обігріву поросят, телят, ягнят, курчат, кролят, повинні забезпечувати температурні режими згідно таблиці 1.

Таблиця 1

Температурний режим при вирощуванні сільськогосподарського молодняка тварин і птиці

Вид, вік тварини, діб	Температура в зоні знаходження молодняка, ^{0}C	Вид, вік птиці, діб	Температура в зоні знаходження молодняка, ^{0}C
Телята 1-20 20-60 60-120	 20-16 17-15 18-12	Курчата 1-5 6-12 13-21	 35-33 33-28 28-25
Поросята 1-26 30 45 60	 30-24 23 22 21	Індюшата 1-5 6-12 13-21	 37-35 35-32 32-29
Ягнята 1-10	 17-10	Гусята 1-20	 32-28
Кролята 1-20	 15	Качата 1-10 11-21	 28-24 20

Розрахунок ІЧ-випромінювача зводиться в основному до розрахунку форми дзеркального відбивача і джерела випромінювання.

Вибір форми і оптичний розрахунок дзеркального відбивача. ІЧ-опромінювачі повинні забезпечувати максимальну концентрацію інфрачервоного пучка в напрямку його оптичної осі, що забезпечується формою дзеркального відбивача. Найкраще цій вимозі відповідає *параболоїдний дзеркальний відбивач,* який утворюється обертанням параболи навколо осі *FZ* і називається *параболоїдом обертання* (рис.1). Для нього будь-який фокальний промінь, що складає з оптичною віссю кут φ і падає на поверхню відбивача, складає з нормаллю в дану точку поверхні відбивача кут $i = \varphi/2$ і після відбивання піде паралельно оптичній осі відбивача.

Точка *M* профільної кривої відбивача визначається полярним кутом φ і фокальним радіусом-вектором *r*:

$$r = \frac{P}{1+\cos\varphi} = \frac{2f}{1+\cos\varphi} = f/\cos^2\varphi/2, \qquad (3)$$

де $P = 2f$ – фокальний параметр параболи; f – фокусна віддаль.

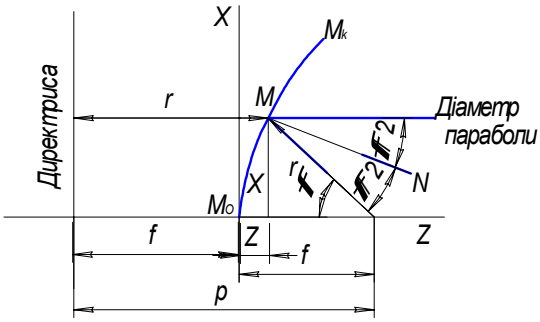

Рис.1. Параметри параболи в полярній і в прямокутній системах координат.

Прямокутні координати точки M визначаються згідно канонічного рівняння параболи:

$$X^2 = 2PZ = 4fZ. \quad (4)$$

Радіус-вектор параболи визначається $r = f + Z$.

Координата X точки M визначається через фокусну віддаль і полярний кут:

$$X = r\sin\varphi = \frac{f\,2\sin\varphi/2\ \cos\varphi/2}{\cos^2\varphi/2} = 2f\,tg\varphi/2. \quad (5)$$

Діаметр світлового отвору відбивача визначається з формули (6):

$$D = 2X_{\max} = 4f\,tg\frac{\varphi_{\max}}{2}, \quad (6)$$

де $\varphi_{\max}$ - половина плоского кута охоплення відбивача.

Площа світлового отвору відбивача визначається формулою:

$$A_{co} = 4\pi f^2\,tg^2\frac{\varphi_{\max}}{2}. \quad (7)$$

Розрахунок джерела випромінювання. Розрахунок проводиться для робочої температури джерела випромінювання 1023 К. В якості джерела ІЧ-випромінювання виберемо ніхромовий дріт, намотаний в вигляді біспіралі, тобто, намотаний один раз в моноспіраль, а потім другий раз в біспіраль. Спрощений розрахунок зводиться до визначення діаметру d і довжини l дроту згідно наступних формул:

$$d = (4\rho_T\pi^2\delta M_{eT)}{}^{1/3}I^{2/3}; \quad (8)$$

де ρ_T – питомий електричний опір ніхромового дроту при робочій температурі, К; M_{eT} – енергетична світимість ніхромового дроту при робочій температурі, Вт/м$^{-2}$; δ – коефіцієнт випромінювання дроту; I – струм, який проходить через ніхромову спіраль, А.

$$l = (4\,\rho_T\pi\delta^2M^2{}_{eT})I^{1/3}U, \quad (9)$$

де U – напруга, яка подається на ніхромову спіраль, В.

Конструкція випромінювача показана на рис.2 і складається з наступних основних елементів: скляного пресованого відбивача 1, на внутрішній поверхні якого нанесене алюмінієве світловідбиваюче покриття 2, підтримуючий мостик 3, джерела випромінювання 4, струмопідвідні елементи – внутрішні електроди 5, зовнішні електроди – контактні пластини 6, впаї-чашки в відбивач 7.

Світловідбиваюче покриття наноситься на внутрішню параболоїдну поверхню відбивача методом вакуумного алюмінування, який забезпечує достатньо високий інтегральний коефіцієнт дзеркального відбивання (0,8-0,9). Зовнішня поверхня відбивача приблизно повторює профіль внутрішньої параболоїдної поверхні, але до неї не ставиться високих вимог до точності виконання. Товщина відбивача вибирається достатньою для забезпечення його механічної міцності в межах 3-5,5 мм в залежності від типорозміру.

Робота випромінювача. Напруга з зовнішньої мережі подається через контактні пластини 6 і електроди 7 на джерело випромінювання 4, яке при проходженні через нього електричного струму розігрівається до розрахункової температури1023 К. Частина випромінювання безпосередньо виходить через вихідний отвір відбивача в приміщення, а частина падає на дзеркальне покриття 2 відбивача 1, відбивається від нього паралельно оптичній осі відбивача і направляється на опромінювані об'єкти.

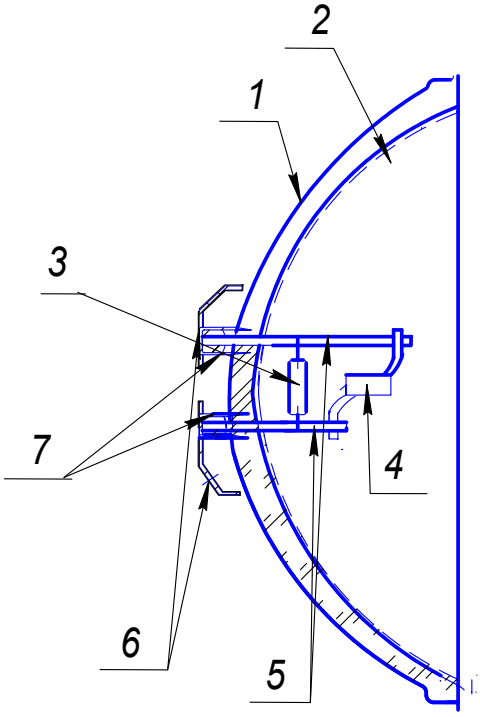

Рис.2. Конструкція низькотемпературного ІЧ-випромінювача.
1 – відбивач; *2* – дзеркальне покриття; *3* – мостик; *4* – джерело випромінювання; *5* – електроди; *6* – контактні пластини; *7* – чашки;

Висновки і пропозиції

1. Розроблений низькотемпературний ІЧ-випромінювач забезпечує висококонцентроване випромінювання, яке направляється безпосередньо на опромінювані об'єкти.
2. Випромінювач простий по конструкції і високотехнологічний для серійного виробництва.
3. Виготовлення випромінювача не вимагає гостродефіцитних матеріалів і додаткового технологічного обладнання для його серійного виробництва в Львівському ВАТ "Іскра".

Література

1. В.В.Мешков. – Основы светотехники. – М.: Энергия, - 1979. – 368 с.
2. П.Д. Бакшеєв. – Штучне опромінення тварин. – К.: - Урожай, - 1980. – 79 с.

Summary

Skolosdra S.V., Chaikovsky B.P.,
Lviv National Unyversytety of Veterinary Medicine and Veterynary
Affer S.Z.Ghytsky
Lezyk O.S.,ing., Opened Joint-stock Company "Iskra"

The importance of infrared radiation (IR radiation-class) for heat animals and poultry in cold seasons.

Gives a mathematical description of the process of infrared radiation.

Determined that the effect of infrared radiation as manifested in the increase of temperature in the room, or in warm skin and tissues due to its absorption.

Powered temperatures, which should provide an infrared-vypromi nyuvachi exposure to animals and birds.

Shown that the most effective for creating local temperature zones are infrared emitters.

The method of calculation of specular reflector and spiral radiation source. Structure shown low IR emitter.

Key words: *infrared radiation, infrared emitter, animals and birds, temperature, mirror reflector, the radiation source, the design of infrared emitters.*

Стаття надійшла до редакції 16.09.2010