



Моделирование и разработка энергосберегающего ИК-обогревателя для телят

Дмитрий Анатольевич Тихомиров,
доктор технических наук,
главный научный сотрудник,
член-корреспондент Российской академии наук,
e-mail: tihda@mail.ru;

Алексей Васильевич Кузьмичев,
научный сотрудник,
e-mail: alkumkuzm@mail.ru;
Алексей Викторович Хименко,
кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник,
e-mail: avmkh87@gmail.com

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России для ФГБНУ ФНАЦ ВИМ FGUN-2025-0004.

Реферат. Содержание телят в индивидуальных пластиковых домиках на открытых площадках помимо положительных сторон имеет и риски. При заморозках отмечены случаи обморожения, заболеваний и гибели животных. Для регионов с длительным холодным периодом (4–6 месяцев) актуальна задача обеспечения обогрева индивидуальных домиков. *(Цель исследования)* Разработка рациональной конструкции и обоснование параметров электрического инфракрасного обогревателя. *(Материалы и методы)* Для обогрева телят предпочтительно с теплоэнергетической точки зрения использовать «темные» инфракрасные излучатели с длиной волны 2–5 микрон с возможностью регулирования теплового потока в зависимости от положения животного в домике. Установлена расчетная зависимость величины теплового потока от обогревателя к теленку от температуры ограждающих конструкций домика и нормируемой температуры воздуха окружающей среды. *(Результаты и обсуждение)* Предложена функционально-технологическая схема установки для обогрева телят в индивидуальных домиках. Обоснованы теплоэнергетические и конструкционные параметры электрического инфракрасного обогревателя линейного типа на основе расчетной модели теплообмена теленка в системе изотермических диффузно поглощающих и излучающих поверхностей. Представлены результаты физического моделирования процесса обогрева теленка при различных режимах. Разработан действующий образец обогревателя. *(Выводы)* С применением физического моделирования обоснованы параметры, режимы работы, предложена функциональная схема, изготовлен экспериментальный образец электрического инфракрасного обогревателя при содержании телят в индивидуальном домике на открытом воздухе в холодный период года.
Ключевые слова: обогрев телят, индивидуальный домик, электрический инфракрасный обогреватель, физическое моделирование, тепловой поток.

■ **Для цитирования:** Тихомиров Д.А., Кузьмичев А.В., Хименко А.В. Моделирование и разработка энергосберегающего ИК-обогревателя для телят // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2026. Т. 20. № 2. С. 30–36. DOI: 10.22314/2073-7599-2026-20-2-30-36. EDN: ERYWVW.

Scientific article

Modeling and Development of an Energy-Saving Infrared Heater for Calves

Dmitry A. Tikhomirov,
Dr.Sc.(Eng.), chief researcher, corresponding member
of the Russian Academy of Sciences,
e-mail: tihda@mail.ru;

Alexey V. Kuzmichev,
researcher,
e-mail: alkumkuzm@mail.ru;
Alexey V. Khimenko,
Ph.D.(Eng.), leading researcher,
e-mail: avmkh87@gmail.com

This work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the State Assignment of the Federal Research Center for Bast Fiber Crops (No. FGUN-2025-0004).

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. Keeping calves in individual plastic hutches on outdoor sites offers a number of advantages, but it also involves certain risks. During frosts, cases of frostbite, disease, and animal mortality have been reported. Therefore, for regions with a long cold period of 4–6 months, ensuring heating in individual calf hutches is an important task. (*Research purpose*) The study aimed to develop a rational design and substantiate the parameters of an electric infrared heater. (*Materials and methods*) From a thermal-energy perspective, “dark” infrared emitters with a wavelength of 2–5 μm are preferable for heating calves, as they allow the heat flux to be regulated depending on the animal’s position inside the hutch. A calculated relationship was established between the heat flux transferred from the heater to the calf, the temperature of the hutch enclosing structures, and the standard ambient air temperature. (*Results and discussion*) A functional and technological diagram of a calf-heating system for individual hutches was proposed. The thermal-energy and design parameters of a linear electric infrared heater were substantiated based on a calculated heat-exchange model describing a calf within a system of isothermal, diffusely absorbing and emitting surfaces. The results of physical modelling of the calf heating process under different operating modes are presented, and an operating prototype of the heater was developed. (*Conclusions*) Physical modelling was used to substantiate the parameters and operating modes of an electric infrared heater for calves housed in individual outdoor hutches during the cold season. A functional diagram was proposed, and an experimental prototype of the heater was manufactured.

Keywords: calf heating, individual calf hutch, electric infrared heater, physical modelling, heat flux.

■ **For citation:** Tikhomirov D.A., Kuzmichev A.V., Khimenko A.V. Modeling and development of an energy-saving infrared heater for calves. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2026. Vol. 20. N2. 30–36 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2026-20-2-30-36. EDN: ERYWVW.

В животноводстве набирает популярность холодный способ содержания молодняка крупного рогатого скота в индивидуальных пластиковых домиках на открытых площадках [1]. Телят переводят в домики на 2–3 день после рождения [2, 3], где они находятся до 60–70-дневного возраста [4–6]. При холодном содержании животные вырастают наиболее крепкие и устойчивые к заболеваниям [7–9]. В сильные морозы (ниже -25°C) маленьким телятам в возрасте до 15 дней следует одевать накидки (попоны, жилеты) [10]. При заморозках до -29°C и холоднее были случаи обморожения кончиков ушей, носового зеркала, пуповины, хвоста, кожи, других органов, даже гибели телят [11].

В средней полосе и более северных регионах при продолжительной холодной погоде (4–6 месяцев) предлагается применять локальные электрические ИК-излучатели для обогрева поросят и телят в клетках и в профилакториях [12]. Недостатками облучателей с использованием в качестве источника ИК-излучения ламп типа ИКЗК являются низкий срок службы, невысокий КПД, недостаточное преобразование потребляемой энергии в ИК-излучение (60–70%), негативное воздействие постоянного светового излучения на животных, неравномерность теплового потока в зоне обогрева животных.

Более рационально применять керамические источники ИК-излучения типа ЭРА, ЕРК, Interheat и др., у которых практически нет недостатков ламп ИКЗК. В спектре таких «темных» источников с длинной волны $\lambda = 2\text{--}5$ мкм практически отсутствует излучение видимого света, и они не оказывают слепящего действия на животных. Такие источники выпускаются на различную мощность и могут использоваться со стандартной арматурой типа ССПО

и др. Основной недостаток керамических излучателей состоит в конструкции цоколя Е27, который на открытом воздухе достаточно быстро окисляется и нарушается электрический контакт. Также тепловой поток от такого излучателя с учетом отражателя светильника на плоскости пола в домике получается недостаточно равномерный [13].

Применение в индивидуальных домиках для телят других промышленно выпускаемых ИК-обогревателей с большими мощностью и массогабаритными показателями не оправдано.

Цель исследования: разработать рациональную конструкцию и обосновать параметры электрического инфракрасного обогревателя при содержании телят в индивидуальных домиках на открытых площадках.

Материалы и методы. Установлено, что при обогреве телят белого и черного окраса «светлыми» ИК-излучателями с температурой около 2300 К интегральный коэффициент поглощения кожей теленка составляет 0,7 и 0,85 отн. ед. соответственно, а при обогреве телят комбинированного окраса «темными» излучателями с температурой около 800 К этот показатель равен 0,9 отн. ед. Для обогрева телят с теплоэнергетической точки зрения предпочтительно использовать «темные» ИК-излучатели (Растимешин С.А. Локальный обогрев молодняка животных. М.: Агропромиздат. 1991. 140 с.).

В соответствии с биологическими циклами, связанными с периодичностью кормления и отдыха телят в течение суток, а также для закаливания молодняка рекомендуются определенные режимы чередования включения-отключения ИК-обогревателей, изменяющиеся по мере роста животных. Также необходимо регулировать тепловой поток в

зависимости от положения теленка в домике. По данным зооинженеров около 50-60% времени суток теленка проводят в лежачем положении.

Высота в холке теленка стоя в 2-2,6 раза больше, чем когда он лежит, и находится ближе к поверхности подвешенного сверху ИК-облучателя. За счет этого для формирования заданного теплового потока мощность нагревательного элемента облучателя может быть снижена в 1,5-2 раза. Как правило, ИК-облучатели длительное время остаются над животным на одной высоте, их мощность и тепловой поток не регулируются. Таким образом, при стоячем положении теленка происходит необоснованный перерасход тепловой энергии. Кроме того, у большинства конструкций установок локального обогрева выявлено несоответствие обогреваемой площади стандартным размерам зон нахождения молодняка (станки, клетки и т.д.).

Требуемый для обогрева животного дополнительный тепловой поток ($Q_{\text{доп}}$) от сторонних источников определяется по температуре ограждающих конструкций помещения (t_r) и по нормируемой температуре воздуха окружающей среды ($t_{\text{н.в}}$) [14]:

$$Q_{\text{доп}}/F = C_0 \varepsilon_{\text{пр1-R}} b_{1-R} \varphi_{1-R} (t_{\text{н.в}} - t_r), \quad (1)$$

где C_0 – коэффициент излучения абсолютно черного тела, Вт/($\text{м}^2 \cdot \text{К}^4$); F – поверхность животного, участвующая в теплообмене, м^2 ; $\varepsilon_{\text{пр1-R}}$ – приведенный относительный коэффициент излучения теплообменивающих поверхностей; b_{1-R} – температурный коэффициент; $b_{1-R} = 0,81 + 0,005(t_{\text{ж}} - t_r)$, $t_{\text{ж}} = 24,5 + 0,43t_{\text{в}}$ – экспериментальная зависимость температуры поверхности теленка; φ_{1-R} – коэффициент облученности; $t_{\text{в}}$ – температура воздуха внутри помещения, $^{\circ}\text{C}$.

Общая постановка задачи при расчете обогрева зон содержания молодняка определяется системой уравнений общего теплообмена в помещении и условиями комфортности. Решение для полной системы из нескольких уравнений оказывается достаточно сложным, поэтому используются упрощенные расчетные схемы. Для этого задается температура наружных ограждений, обращенных в помещение, которая в реальных условиях может значительно отличаться от температуры воздуха внутри. Искомой является величина тепловой энергии, вносимой в зону нахождения животных для поддержания требуемых условий теплового комфорта.

На *рисунке 1* показано изменение удельной тепловой энергии относительно нормируемой температуры воздуха и температуры ограждающих конструкций в помещении с животным: $q = Q_{\text{доп}}/F$.

Необходимая тепловая энергия, вносимая в зону животного для создания необходимых комфортных условий:

$$Q = qF_{\text{з}}, \quad (2)$$

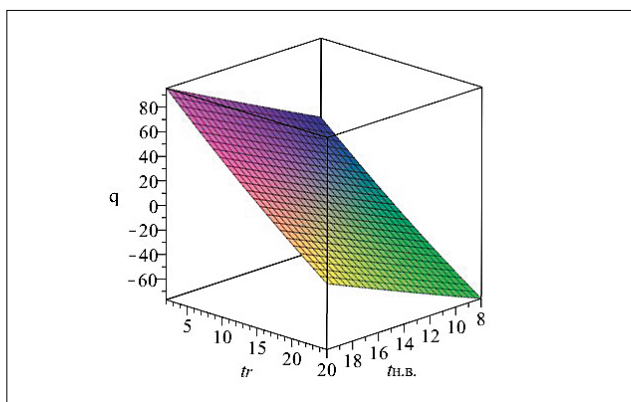


Рис. 1. Изменение удельной тепловой энергии: q – поступление (удаление) тепла в зону содержания животного, $\text{Вт}/\text{м}^2$; t_r – радиационная температура ограждений, $^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{н.в}}$ – нормируемая температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$

Fig. 1. Variation in heat flux density: q – heat supplied to or removed from the animal housing zone, W/m^2 ; t_r – radiant temperature of the enclosing structures, $^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{н.в}}$ – standard air temperature, $^{\circ}\text{C}$

где $F_{\text{з}}$ – обогреваемая зона для теленка, по нормативным материалам она составляет 1,5-2 м^2 .

Температура воздуха в помещении $t_{\text{в}}$ является основным нормативным параметром.

Проведенный тепловой расчет для типового пластикового домика показал, что мощность отопительной установки должна составлять 100-200 Вт в зависимости от температуры наружного воздуха. ИК-обогреватель с арматурой следует устанавливать внутри домика с креплением к потолку.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Предложены функционально-технологическая схема обогрева телят в индивидуальных домиках, в нее входят блок питания, управления и защиты, ИК-обогреватель, датчик положения теленка и датчик температуры воздуха в зоне обогрева (*рис. 2*).

Согласно предложенной нами расчетной модели теплообмена теленка в системе изотермических диффузно поглощающих и излучающих поверхностей [15] и полученных результатов обоснованы теплоэнергетические и конструкционные параметры ИК-обогревателя линейного типа (длина волны $\lambda = 2-5$ $\mu\text{м}$; мощность 100-300 Вт; высота расположения источника излучения от пола $h = 1,0-1,3$ м; площадь обогрева 1,2-1,8 м^2). Разработана физическая модель обогревателя.

Тепловая облученность от обогревателя в домике (*рис. 3*) измерялась прибором ТКА-ИТО (производитель ООО «НТП «ТКА», Россия), который регистрирует тепловое излучение с углом обзора 360° . Прибор позволяет упростить и ускорить необходимые измерения интенсивности ИК-облучения. На основе этого возможно рассчитать среднюю радиационную температуру и величину экспозиции теплового облучения.

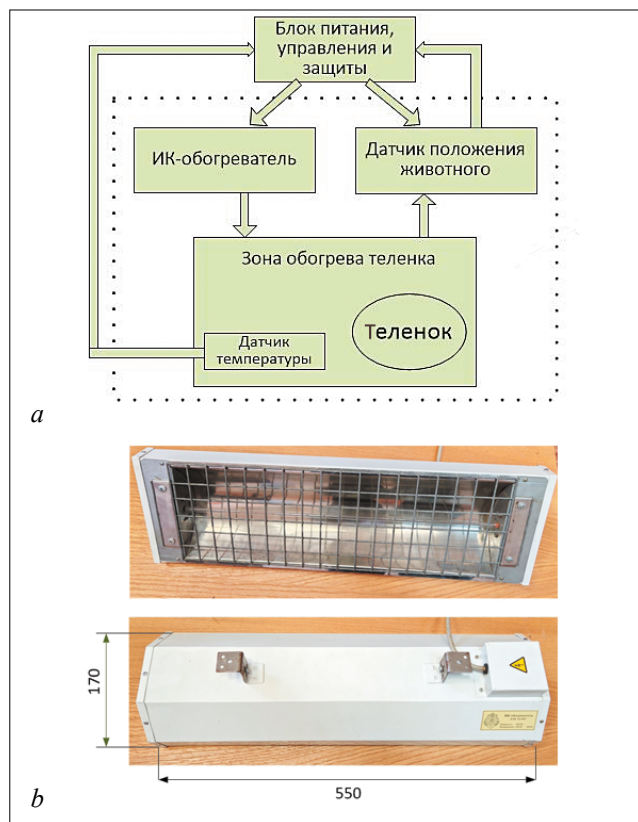


Рис. 2. Функционально-технологическая схема обогрева телят в домике (а) и общий вид ИК-обогревателя линейного типа (б)
 Fig. 2. Functional and technological diagram of calf heating in a hutch (a) and general view of a linear-type infrared heater (b)

Для прибора ТКА-ИТО диапазон измерений плотности теплового потока составляет 10-3500 Вт/м²; основная абсолютная погрешность измерений плотности теплового потока равна 2,0 + 0,08ИВ (ИВ – значение измеряемой облученности); время установления рабочего режима не менее 15 мин.

Приведены результаты измерений распределения теплового потока разработанной физической

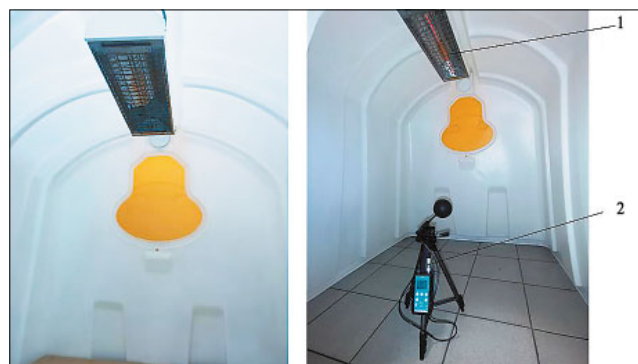


Рис. 3. Расположение ИК-обогревателя (1) с измерителем тепловой облученности ТКА-ИТО (2)
 Fig. 3. Arrangement of the IR heater (1) with the TKA-ITO thermal irradiance meter (2)

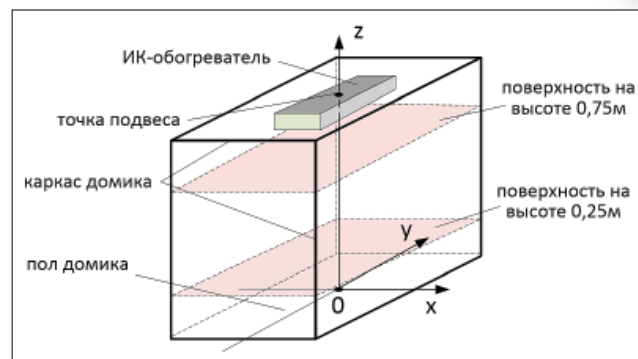


Рис. 4. Схема измерения распределения теплового потока от ИК-обогревателя внутри домика для телят
 Fig. 4. Schematic diagram for measuring the heat flux distribution from the IR heater inside the calf hutch

модели ИК-обогревателя с регулируемой мощностью на высоте от пола $h = 0,25$ и $h = 0,75$ м, что соответствует расположению теленку лежа и стоя (рис. 4).

Результаты физического моделирования процесса обогрева теленка ИК-обогревателем и экспериментальных исследований после статистической обработки представлены на рисунках 5-7.

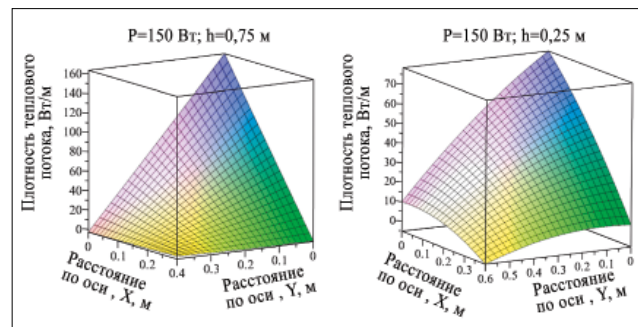


Рис. 5. Зависимость распределения плотности теплового потока от расстояния по осям x и y при установленной мощности ИК-обогревателя 150 Вт на высоте от пола 0,75 и 0,25 м
 Fig. 5. Heat flux density distribution versus distance along the x and y axes for an IR heater operating at 150 W and installed at heights of 0.75 and 0.25 m above the floor

Зависимость распределения плотности теплового потока на определенной высоте от пола домика ($z = h$) от расстояния по осям x и y от центральной оси подвеса ИК-обогревателя Oz ($x = 0, y = 0$) в декартовой системе координат и от установленной мощности ИК-обогревателя 150 Вт, показана на рисунке 5. При мощности ИК-обогревателя 150 Вт, $h = 0,75$ м и $h = 0,25$ м получены уравнения регрессии определения плотности теплового потока:

$$q_1 = 13,4x^2 + 1407,5xy + 12,5y^2 - 421,8x - 556,6y + 163,6, \quad (3)$$

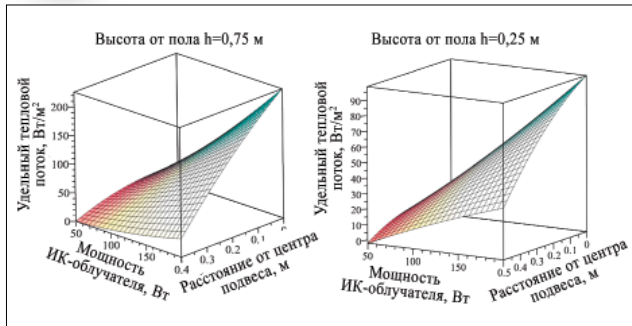


Рис. 6. Зависимость распределения плотности теплового потока от мощности ИК-обогревателя и расстояния от центра его подвеса на высоте от пола 0,75 и 0,25 м

Fig. 6. Heat flux density distribution versus IR heater power and distance from the heater suspension center at heights of 0.75 and 0.25 m above the floor

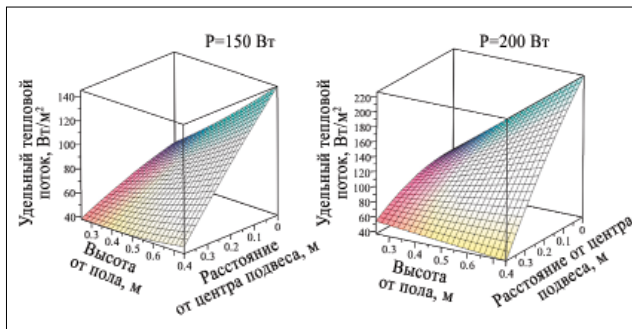


Рис. 7. Зависимость распределения плотности теплового потока от высоты и расстояния от центра подвеса ИК-обогревателя мощностью 150 и 200 Вт

Fig. 7. Heat flux density distribution versus height and distance from the IR heater suspension center at power levels of 150 W and 200 W

$$q_2 = 50,2x^2 + 238,9xy - 117,3y^2 - 84,1x - 134,0y + 78,4, \quad (4)$$

где x , y – расстояния от центральной оси подвеса ИК-обогревателя по осям x и y .

Получены уравнения регрессии определения плотности теплового потока в зависимости от мощности ИК-обогревателя (P , Вт) и расстояния от центра его подвеса вдоль оси x (рис. 6) при $h = 0,75$ м и $P = 0,25$ м:

$$q_3 = -310,7x^2 - 2,72xP + 0,001P^2 + 183,8x + 1,1P - 25,5, \quad (5)$$

$$q_4 = -121,4x^2 - 0,75xP + 0,00026P^2 + 76,1x + 0,7P - 23,3. \quad (6)$$

Получены уравнения регрессии определения плотности теплового потока в зависимости от высоты и расстояния от центра подвеса вдоль оси x при мощности ИК-обогревателя 150 Вт и 200 Вт (рис. 7).

$$q_5 = -59,5x^2 - 350xh + 41,6h^2 + 32,5x + 109,2h + 40,1, \quad (7)$$

$$q_6 = 271,4x^2 - 760,0xh + 4,8h^2 + 203,9x + 265,2h + 24,1. \quad (8)$$

Приведенные выше зависимости позволяют оценить величину и неравномерность теплового потока в соответствии с условиями комфортности содержания телят в индивидуальных домиках, уточнить и обосновать рациональные теплоэнергетические параметры ИК-обогревателя при его проектировании.

По итогам моделирования обоснованы теплоэнергетические и конструкционные параметры ИК-обогревателя, обеспечивающие требуемый тепловой поток в зоне расположения теленка. Разработан действующий образец со следующими параметрами: номинальная мощность 200 Вт; глубина регулирования теплового потока 30-100%; масса 3,5 кг; габаритные размеры 550×170×120 мм (рис. 8).

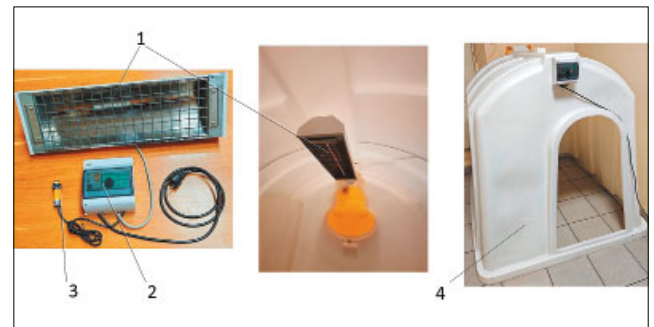


Рис. 8. Действующий образец ИК-обогревателя линейного типа для телят в индивидуальном домике: 1 – ИК-обогреватель; 2 – щит автоматического управления; 3 – датчик положения животного

Fig. 8. Operating prototype of a linear-type IR heater for calves housed in an individual calf hutch: 1 – IR heater; 2 – automatic control panel; 3 – animal position sensor

Потребителями ИК-обогревателей являются животноводческие предприятия, фермерские и крестьянские хозяйства, где используется технология содержания телят в индивидуальных пластиковых домиках стандартного образца на открытых площадках в холодный период года.

Выводы. Установлено, что температура ограждающих конструкций домика для телят оказывает значимое влияние на величину лучистого теплообмена и должна быть учтена в расчетах теплового баланса и ИК-обогревателя.

Полученные уравнения регрессии позволяют определить распределение теплового потока в зоне нахождения теленка с учетом его положения (стоячее или лежачее) в зависимости от мощности ИК-обогревателя и в заданной точке.

По результатам физического моделирования обоснованы параметры, режимы работы, разработаны функционально-технологическая схема уста-

новки и экспериментальный образец электрического ИК-обогревателя. Технический и экономический эффекты от применения установки: повышение сохранности телят, увеличение привесов за счет создания комфортных тепловых условий в соответствии с рекомендациями по технологическому проектированию ферм и комплексов для КРС.

Снижение энергозатрат до 25% по сравнению с существующими промышленными электрическими ИК-обогревателями молодняка животных за счет рациональной конструкции предлагаемого ИК-обогревателя линейного типа, теплоизоляции корпуса и автоматического регулирования теплового потока.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Филиппова О.Б., Кийко Е.И. Групповое и индивидуальное содержание молодняка крупного рогатого скота // *Вестник ВНИИМЖ*. 2019. N3(35). С. 84-88. EDN: QVFOGR.
2. Москалев А.А. Продуктивность и поведение телят до 6-месячного возраста в зависимости от технологических параметров их содержания // *Зоотехническая наука Беларуси*. 2024. Т. 59. N2. С. 214-223. EDN: DUEKXW.
3. Минаков В.Н., Базылев М.В., Разумовский Н.П. и др. Инновационные подходы оптимизации выращивания ремонтного молодняка в молочном скотоводстве // *Ветеринарный журнал Беларуси*. 2024. N2(21). С. 95-99. EDN: GHVKNC.
4. Макаров А.В., Ханипова В.А., Федотова А.С. и др. Сравнительная характеристика систем выращивания молодняка крупного рогатого скота для откорма. *Journal of Agriculture and Environment*. 2023. N9(37). 7. DOI: 10.23649/JAE.2023.37.5.
5. Москалев А.А. Влияние продолжительности содержания телят в индивидуальных домиках на их естественную резистентность и состояние здоровья // *Зоотехническая наука Беларуси*. 2022. Т. 57. N2. С. 177-184. DOI: 10.47612/0134-9732-2022-57-2-177-184.
6. Москалев А.А. Продуктивность и оценка комфортности телят при различной продолжительности их содержания в индивидуальных домиках // *Зоотехническая наука Беларуси*. 2022. Т. 57. N2. С. 184-191. DOI: 10.47612/0134-9732-2022-57-2-184-191.
7. Костеша Н.Я., Макаревич В.Г. Функциональное состояние организма телят при холодном методе выращивания // *Живые и биокосные системы*. 2015. N13. 13. DOI: 10.18522/2308-9709-2015-13-13.
8. Шилова Е.Н., Ряпосова М.В., Соколова О.В. Влияние «холодного» метода выращивания телят на показатели естественной резистентности при ОРВИ крупного рогатого скота // *Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии*. 2017. N3(23). С. 63-67. EDN: ZHTUPD.
9. Крупицын В.В., Бурцев С.А. Совершенствование элементов технологии выращивания молодняка крупного рогатого скота с целью повышения адаптационных свойств организма к условиям пониженных температур при холодном способе содержания // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2011. N3(30). С. 53-56. EDN: OJOCFF.
10. Еременко О.Н., Куликова Н.И., Малахова А.О., Сергеева Н.В. Попоны – это комфорт, здоровье, интенсивность роста для телят // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2015. N56. С. 180-184. EDN: VKXIBB.
11. Лоретц О.Г., Горелик О.В., Беляева Н.В. Особенности роста и развития телок при холодном методе выращивания // *Аграрный вестник Урала*. 2017. N6(160). С. 9-16. EDN: ZHDAYF.
12. Буяров В.С. Научное обоснование применения инфракрасного излучения при выращивании телят // *Вестник аграрной науки*. 2020. N4(85). С. 42-55. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2020.4.42.
13. Кузьмичев А.В., Лямцов А.К., Тихомиров Д.А. Теплоэнергетические показатели ИК облучателей для молодняка животных // *Светотехника*. 2015. N3. С. 57-58. EDN: TWKONR.
14. Кузьмичев А.В., Тихомиров Д.А., Хименко А.В. Создание нормированного теплового режима при содержании телят в помещениях с облегченными ограждающими конструкциями // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2025. Т. 72. N2(59). С. 72-78. DOI: 10.22314/2658-4859-2025-72-2-72-78.
15. Кузьмичев А.В., Тихомиров Д.А., Хименко А.В. Сравнительный анализ методов расчета лучистого обогрева молодняка в животноводческих помещениях // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. N1. С. 10-18. DOI: 10.22314/2073-7599-2022-16-1-10-18.

REFERENCES

1. Filippova O.B., Kiiiko E.I. Group and individual young cattle's keeping. *Journal of VNIMZH*. 2019. N3(35). 84-88 (In Russian). EDN: QVFOGR.
2. Moskalev A.A. Productivity and behavior of calves up to 6 months of age depending on technological parameters of their keeping. *Zootechical Science of Belarus*. 2024. Vol. 59. N2. 214-223 (In Russian). EDN: DUEKXW
3. Minakov V.N., Bazylev M.V., Razumovsky N.P. et al. Innovative approaches to optimizing the growing of repair young cattle in dairy cattle breeding. *Veterinarnyy zhurnal Belarusi*. 2024. N2(21). 95-99 (In Russian). EDN: GHVKNC.
4. Makarov A.V., Khanipova V.A., Fedotova A.S. et al. A comparative characterization of systems for growing young stock of cattle for fattening. *Journal of Agriculture and*

- Environment*. 2023. N9(37). 7. DOI: 10.23649/JAE.2023.37.5.
5. Moskalev A.A. Influence of the duration of keeping calves in individual houses on their natural resistance and state of health. *Zootechnical Science of Belarus*. 2022. Vol. 57. N2. 177-184 (In Russian). DOI: 10.47612/0134-9732-2022-57-2-177-184.
 6. Moskalev A.A. Calf performance and comfort assessment with different durations of their keeping in individual houses. *Zootechnical Science of Belarus*. 2022. Vol. 57. N2. 184-191 (In Russian). DOI: 10.47612/0134-9732-2022-57-2-184-191.
 7. Kostesha N.Ya., Makarevich V.G. Functional state of the body of calves raised by the cold method of farming. *Live and Bio-Abiotic Systems*. 2015. N13. 13 (In Russian). DOI: 10.18522/2308-9709-2015-13-13.
 8. Shilova E.N., Ryaposova M.V., Sokolova O.V. Influence of the «cold» method of growing calves on indexes of natural resistance in acute respiratory viral infections of cattle. *Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology*. 2017. N3(23). 63-67 (In Russian). EDN: ZHTUPD.
 9. Krupitsyn V.V., Burtsev S.A. Improving elements of young cattle rearing technology to enhance their adaptation to low temperature conditions in cold housing. *Bulletin of Voronezh State Agrarian University*. 2011. N3(30). 53-56 (In Russian). EDN: OJOCFF.
 10. Eremenko O.N., Kulikova N.I., Malakhova A.O., Sergeeva N.V. Blankets – is comfort, health, growth rate for calves. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2015. N56. 180-184 (In Russian). EDN: VKXIBB.
 11. Lorets O.G., Gorelik O.V., Belyaeva N.V. Peculiarities of growth and development in heifers at cold method of cultivation. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2017. N6(160). 9-16 (In Russian). EDN: ZHDAYF.
 12. Buyarov V.S. Scientific substantiation of the application of infrared radiation while calves growing. *Bulletin of Agrarian Science*. 2020. Iss. 4(85). 42-55 (In Russian). DOI: 10.17238/issn2587-666X.2020.4.42.
 13. Kuzmichev A.V., Lyamtsov A.K., Tikhomirov D.A. Thermal and energy indicators of IR irradiators for young animals. *Light & Engineering*. 2015. N3. 57-58 (In Russian). EDN: TWKOHR.
 14. Kuzmichev A.V., Tikhomirov D.A., and Khimenko A.V. Creating a standardized thermal regime for keeping calves in rooms with lightweight enclosures. *Electrical Engineering and Electrical Equipment in Agriculture*. 2025. Vol. 72. N2(59). 72-78 (In Russian). DOI: 10.22314/2658-4859-2025-72-2-72-78.
 15. Kuz'michev A.V., Tikhomirov D.A., Khimenko A.V. Comparative analysis of methods for calculating radiant heating of young animals in livestock premises. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2022. Vol. 16. N1. 10-18 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2022-16-1-10-18.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Заявленный вклад соавторов:

Тихомиров Д.А. – научное руководство, формулирование основных направлений исследования, подготовка начального варианта статьи;

Кузьмичев А.В. – формулирование цели и задачи исследования, разработка теоретических предпосылок;

Хименко А.В. – доработка текста, формирование общих выводов и литературный анализ.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Coauthors' contribution:

Tikhomirov D.A. – scientific supervision; formulation of the main research concept; preparation of the draft manuscript;

Kuzmichev A.V. – formulation of the research purpose and objectives, development of the theoretical framework;

Khimenko A.V. – manuscript revision; formulation of the general conclusions; literature review.

The authors read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию

Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on

The paper was accepted for publication on

05.04.2026

18.05.2026