

УДК 636 :535-15

ЛОКАЛЬНЫЙ ГАЗОВЫЙ ИНФРАКРАСНЫЙ ОБОГРЕВ.

Д.П. Лебедев, А.А. Пенкин

Всероссийский научно-исследовательский институт
электрификации сельского хозяйства.

Рассмотрены вопросы, связанные с локальным газовым ИК-обогревом, модернизацией ИК-источников, экологической безопасностью ИК-обогрева. Указаны недостатки газовых ИК-источников. Проведён анализ спектральных характеристик различных ИК-источников, поглощения и отражения ИК-лучей живыми организмами. Представлены энергетические характеристики экспериментального газового оборудования для локального обогрева животных.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ИК-горелки, обогрев, спектр, газ, эксергия.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

R_λ – отражательная способность кожи;

T_λ – пропускная способность кожи;

λ – длина волны;

$P(\lambda_i; \lambda_{i+1})$ – функция прозрачности эпидермиса или кожи в соответствующем диапазоне длин волн;

B – доля излучения горелок;

q_r – радиационный тепловой поток;

$q_{ист}$ – тепловой поток от источника горелки;

$q_{реф}$ – тепловой поток от рефлектора горелки.

Ведение

Локальный газовый ИК-обогрев находит всё большее использование в разработке энергосберегающих технологий: упаривание, сушка, локальный обогрев животных и птицы и др. [1,2].

Организация ИК-обогрева при использовании энергоносителя природного газа, включает следующие этапы:

- определение энергетической эффективности газовой ИК-горелки,
- определение спектральной характеристики ИК-горелки и сравнение её со спектральной характеристикой объекта облучения,
- сравнение полученных результатов с допустимыми нормами облучения,
- оценка уровня экологической безопасности путём сравнения спектральной характеристики ИК-горелки с характеристикой кожи человека,

- определение оптимальной высоты подвеса горелки.

Таким образом, современный подход к анализу газового ИК-обогрева и подбору газовых ИК-обогревателей должен проводиться в трёх направлениях: энергетическом, спектральном и экологической безопасности объекта облучения и человека.

1. Типы ИК-горелок.

Конструкции современных «светлых» газовых ИК-горелок можно разделить по типу их источника облучения (насадка):

- горелки с керамическим насадком,
- горелки с металлическим насадком.

Эти типы горелок выпускают более 20 фирм, - Германии, Испании, Голландии, США, Канады, России и др. К числу недостатков горелок, существующих в настоящее время можно отнести:

- низкий лучистый КПД,
- пониженную плотность лучистого потока,
- нарушение экологии обогреваемого помещения (выброс продуктов сгорания), что является не соблюдением техники безопасности для человека,
- значительные потери тепла с продуктами сгорания.

В результате большого количества натуральных испытаний, значительного количества конструкций различных «светлых» ИК-горелок, разработки и анализа их теплофизических моделей нами были найдены технические решения для исключения перечисленных недостатков.

2. Определение энергетической эффективности газовой ИК-горелки.

Радиационный тепловой поток q_r от газовой ИК-горелки:

$$q_r = q_{\text{ист}} + q_{\text{реф}}, \quad (1)$$

где $q_{\text{ист}}$ – тепловой поток от источника горелки; $q_{\text{реф}}$ - тепловой поток от рефлектора горелки.

Исходя из наших экспериментов, в современных газовых ИК-горелках отношение:

$$(q_{\text{реф}}/q_r) \cdot 100 = 15-20\%.$$

Столь низкий показатель этого отношения связан с конструкцией рефлектора горелок. Для современных ИК-горелок радиационный КПД составляет 26-30%. Проведённая нами модернизация конструкции горелки с коническим насадком из термостойкой нержавеющей стали, дала возможность повысить эксергетический радиационный КПД до 42%, а интенсивность радиационного излучения увеличить до 2^x раз [3]. На рис. 1 показаны энергетические характеристики газовой ИК-горелки: металлического насадка, заводской и экспериментальной горелок, тепловой мощностью 1,5 кВт.

Величина потерь с уходящими газами в горелке составляла 50%. При этом температура уходящих газов достигала 300-400 °С. Такой высокий потенциал температуры указывает на необходимость утилизации этого тепла и разработки специализированного теплообменника-утилизатора. Кроме того, конструкция нового рефлектора исключала возможность выброса продуктов сгорания в сельскохозяйственное помещение. Во всех конструкциях горелок, существующих сегодня, этот недостаток сохраняется. Эксергетический баланс и эксергетический КПД газовой ИК-горелки представлены в [4,5].

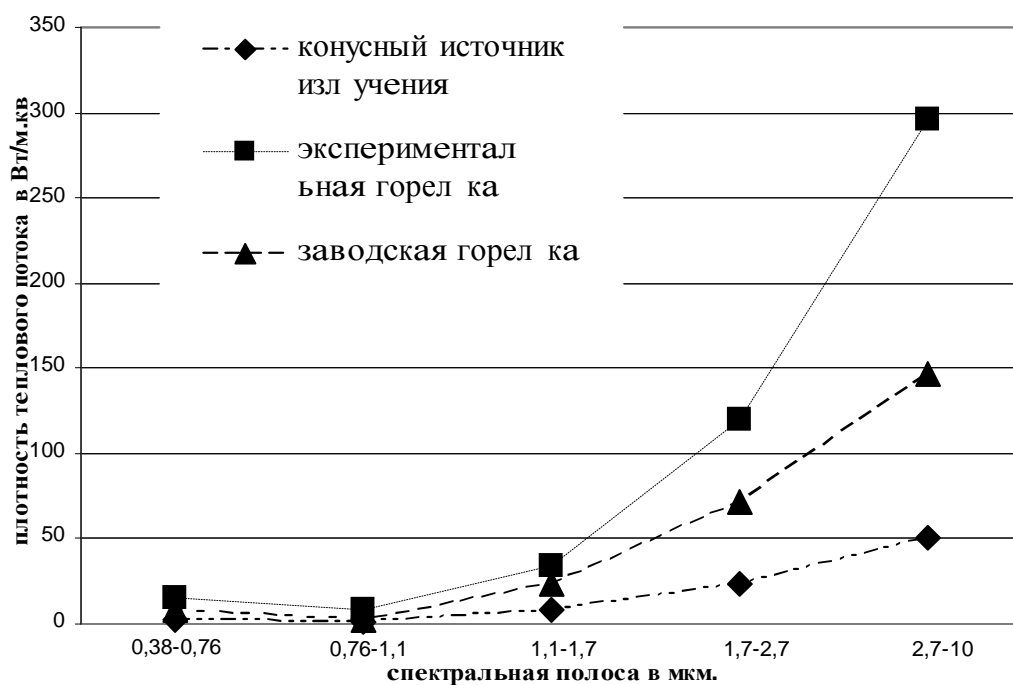


Рис. 1. Энергетические характеристики источника и ИК-горелок.

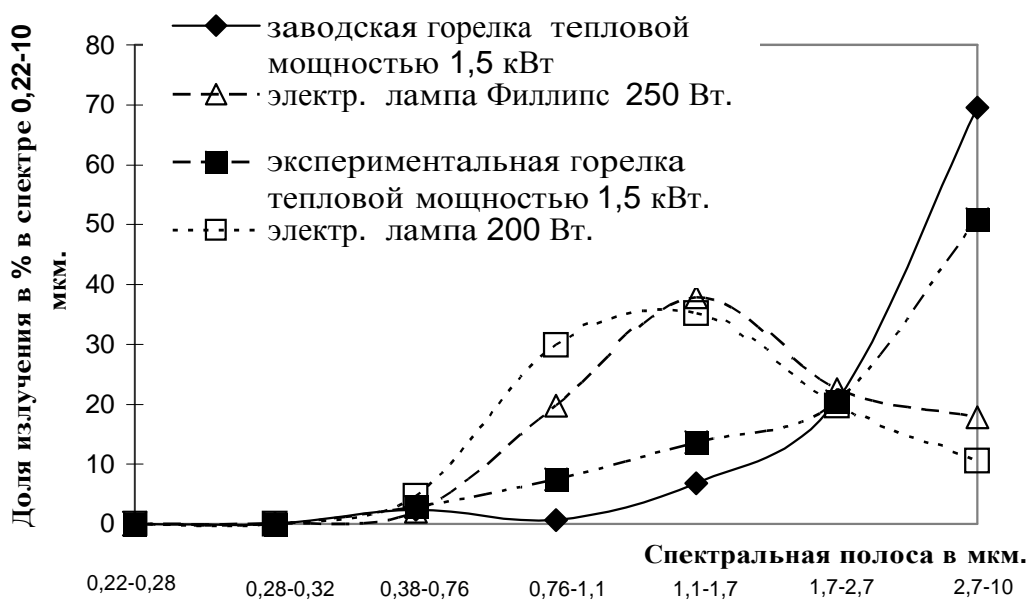


Рис. 2. Изменения спектральных составляющих различных ИК-излучателей.

3. Спектральные характеристики газовых ИК-горелок и кожи животных.

В данной работе будет рассмотрена наиболее сложная теплотехнология, - организация локального ИК-обогрева сельскохозяйственных животных.

На рис. 2 показаны спектральные характеристики лампы Филипс 250, обычной лампы, газовых заводской и экспериментальной ИК-горелок с металлическим насадком.

Одним из проявлений ИК-лучей является кожная реакция [6]. ИК-лучи до 1,5 мкм поглощаются в глубине кожных покровов, в то время как лучи с длиной волн больших 1,5 мкм поглощаются уже на поверхности. Наиболее рациональное использование ИК-излучения от газовых ИК-горелок достигается при совпадении максимумов излучения горелок и поглощения кожного покрова животных. Поэтому для сельскохозяйственных объектов надо учитывать спектральное распределение излучаемой энергии и спектров поглощения животных [7]. Максимальный технологический эффект достигается при радиационном воздействии на организм и продуктивность при совпадении волновых диапазонов излучения.

Спектральных характеристик объектов животного происхождения имеется недостаточно.

На рис. 3 показаны спектры поглощения кожи свиньи [8] и доля излучения B для «светлой» экспериментальной и заводской газовых ИК-горелок с металлическим насадком в %. Как видно из спектрограмм, рис.3, кожа животного пропускает максимальное количество энергии при длинах волн 1,25 мкм, 1,7 мкм и 2,2 мкм.

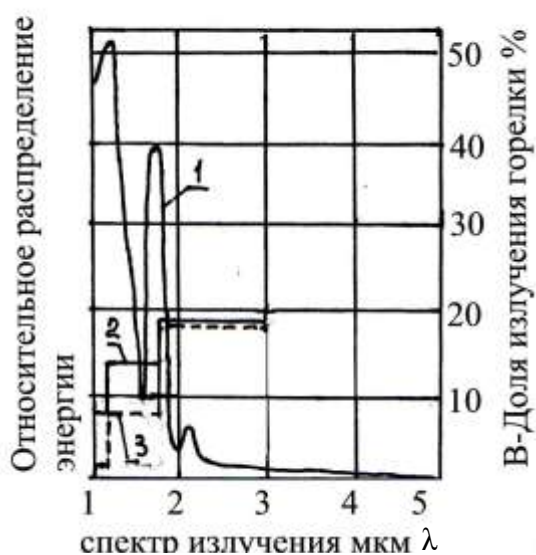


Рис. 3. Спектры поглощения кожи свиньи (ширина спектрометра 1,6 мкм), - 1 и В-доля излучения горелок (2 – экспериментальная горелка, 3 – заводская горелка, тепловой мощностью 1,5 кВт).

Из рис. 3 видно, что, начиная с 2,4 мкм, кожа животного поглощает практически всю падающую энергию. Влияние теплового ИК-излучения на глубинные части организма животного представлено на рис. 4.

На рис. 4 представлены характеристики отражательной R_λ , пропускательной T_λ способности кожи ИК-горелок с коническим металлическим насадком от длины волны для поросёнка [8]. Как видно из рис. 4, максимум спектральной пропускной способности T_λ зависит от толщины образца. При этом максимумы характеристик 2 и 3, рис. 3, соответствуют 0,8; 1 и 1,3 мкм.

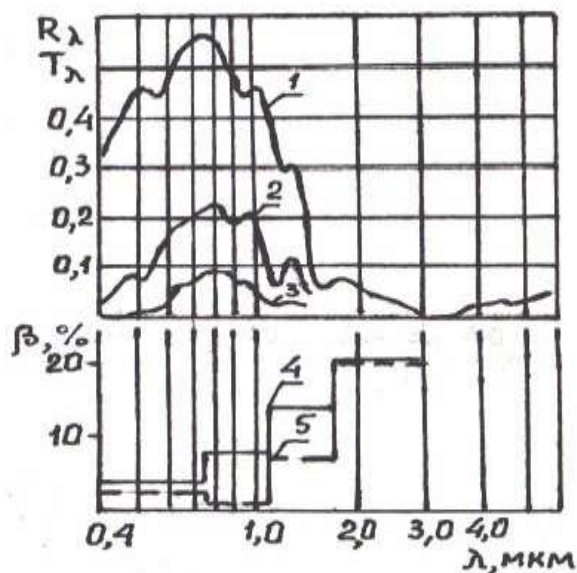


Рис. 4. Зависимость отражательной R_λ , пропускной T_λ способности кожи поросёнка и доля излучения β горелок от длины волны от различной толщины δ образца. 1 - $R_\lambda = f(\lambda)$; 2 - $T_\lambda = f(\lambda)$, $\delta = 3 \mu\text{m}$; 3 - $T_\lambda = f(\lambda)$, $\delta = 8 \mu\text{m}$; 4 – доля излучения $\beta = f(\lambda)$ – экспериментальная горелка; 5 - $\beta = f(\lambda)$ – заводская горелка.

Из сравнения характеристик на рис. 3 и рис. 4 наблюдается смещение основных максимумов, что видимо, определяется от возраста животного [7,8].

В табл.1 представлены рекомендации [7] уровней обогрева свиней в коротковолновой области спектра.

Табл. №1.

Таблица рекомендованных уровней обогрева свиней в зависимости от возраста.

Поросята до 30 дней	170÷210 Вт/м ²
Поросята свыше 30 дней	115÷170 Вт/м ²
Свиноматки	90÷115 Вт/м ²

4. Сравнение спектральной характеристики горелки и спектральной характеристикой кожи человека.

Для человека кожа прозрачна для ИК-лучей до 1,5 мкм, далее она не прозрачна и имеет сложный спектр поглощения, рис. 5. Кожу обычно рассматривают как комплекс, состоящий из эпидермиса, прозрачность которого зависит от влажности, пигментов и др. [6, 9]. Следует отметить, что для ИК-лучей с длиной волны более 5 мкм кожа полностью непрозрачна. С учётом физиологических аспектов человека терапевты делят ИК-лучи на три категории:

- длина волн более 5 мкм – поглощение лучей на поверхности,
- длины волн от 1,5 до 5 мкм – лучи, поглощаемые эпидермисом и соединительными тканями в слоях кожи,
- длины волн от 0,76 до 1,5 мкм определяет проникающие лучи (с учётом пигментации, влажности, температуры и т.п.).

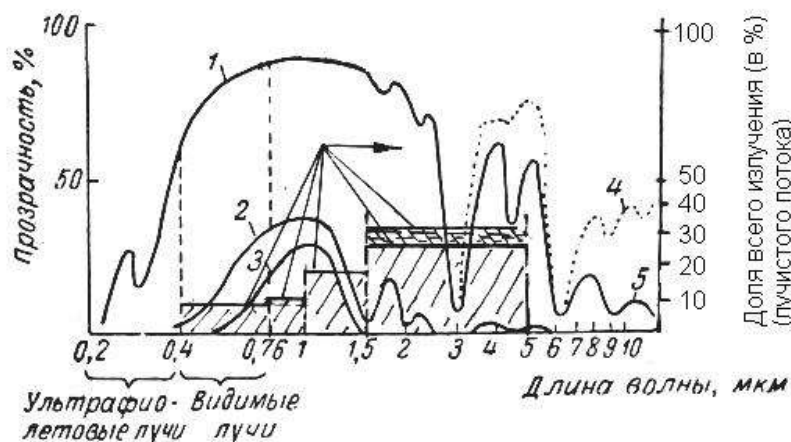


Рис. 5. Спектр прозрачности человеческой кожи [5] и доля излучения (в %) ИК-горелки. 1 – эпидермис; 2 – кожа; 3 – ткани щеки, 10 мм; 4 – сухой эпидермис; 5 – влажный эпидермис.

Для живых организмов поглощаемая ИК-энергия превращается в теплоту, что зависит от экспозиции воздействиям и может привести к различным болезненным и острым заболеваниям. Проникающее ИК-излучение с длинами волн 0,76 – 1,5 мкм ИК-горелок в исследуемом спектре 0,76 -10 мкм в соответствии с диапазоном может достигать от 10 до 27%.

Уровень теплового эффекта с учётом прозрачности кожных покровов от горелок с керамическим и металлическим насадками для диапазона спектра от $\lambda_1 = 0,4$ мкм до $\lambda_3 = 2,7$ мкм с учётом, рис. 4:

$$q_{II}(\lambda_1; \lambda_3) = (q(\lambda_1; \lambda_2) / (\lambda_2 - \lambda_1)) * \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} P(\lambda_1; \lambda_2) d\lambda + (q(\lambda_2; \lambda_3) / (\lambda_3 - \lambda_2)) * \int_{\lambda_2}^{\lambda_3} P(\lambda_2; \lambda_3) d\lambda \quad (2)$$

$\lambda_1 = 0,4$ мкм; $\lambda_2 = 1$ мкм; $\lambda_3 = 2,7$ мкм – длины волн диапазонов спектра; $q(\lambda_1; \lambda_2)$; $q(\lambda_2; \lambda_3)$ – тепловые потоки в диапазонах спектра; $P(\lambda_1; \lambda_2)$; $P(\lambda_2; \lambda_3)$ – функция прозрачности эпидермиса или кожи в соответствующем диапазоне длин волн.

Нормативные значения по восприятию кожи человека ИК-лучей [7] представлены в табл. 2.

Табл. №2.

Таблица тепловых ощущений на коже человека
в зависимости от уровня теплового потока.

Ощущение	Облучённость, Вт/м ²
Ощущение боли	1047,5
Горячо (напряжение лица)	140
Ощущение тепла	35
После некоторого действия небольшое ощущение тепла	10,5

5. Обсуждение результатов.

При организации локального газового ИК-обогрева устанавливается оптимальная высота подвеса горелки, выбираемая в соответствии с её энергетическими и спектральными характеристиками, вида и возраста животного, а также с учётом норм облучённости. Такой подход нами использовался в рекомендациях для животноводческих помещений с ИК-обогревом и организации других технологических процессов.

6. Выводы.

Спектральные характеристики «светлых» газовых ИК-горелок с металлическим насадком подобны спектральным характеристикам электрических ламп, используемых для обогрева животных и тепловых технологиях. Совмещение спектральных характеристик «светлых» газовых ИК-горелок и спектров поглощения объектов облучения позволяет обеспечить оптимальные технологии локального ИК-обогрева.

Литература.

1. Богомолов А.И., Вигдорчик Д.Я., Маевский М.А. Газовые горелки инфракрасного излучения и их применение. М. Из-во литературы по строительству 1967, 254 с.
2. Гинзбург А.С. Инфракрасная техника в пищевой промышленности. М. Пищевая промышленность. 407 с.
3. Лебедев Д.П., Пенкин А.А. Повышение эффективности «светлых» газовых ИК-горелок. Труды 3-й Международной научно-технической конференции (14-15 мая 2003 года, М, ГНУ ВИЭСХ).. Ч.3 С.346-351.
4. Лебедев Д.П. Эксергетический анализ процессов в газовых «светлых» ИК-горелках. Промышленная теплотехника. Т.25. Приложение к журналу №4 2003. с.152-154.

5. Лебедев Д.П., Пенкин А.А. Пример эксергетического баланса газовой «светлой» ИК-горелки. Промышленная теплотехника. Т.25. Приложение к журналу №4 2003. с.154-155.
6. М. Дерибере. Практические применения инфракрасных лучей. Л, 1959, 440с.
7. Крылов Е.В. Газовый инфракрасный обогрев животноводческих помещений: автореф. дисс. д-ра техн. наук. Саратов: 1996, 48 с.
8. Лямцов А.И. Система электротехнических средств для освещения, инфракрасного обогрева и облучения в животноводстве. Автореф. дисс. д-ра техн. наук. ВИЭСХ. 1991. 50 с.
9. Лебедев Д.П., Пенкин А.А. Экономические и биологические аспекты применения инфракрасного обогрева на свинокомплексах. Информационно-рекламный бюллетень «АгроБизнес и пищевая промышленность» Ростов-на-Дону №12, стр.38, 2002 г.