

УДК 664.66.085.1

ЛЕБЕДЕВ Д.П.<sup>1</sup>, МОРОЗОВ И.П.<sup>2</sup>, ПЕНКИН А.А.<sup>1</sup><sup>1</sup>Всероссийский институт электрификации сельского хозяйства<sup>2</sup>Московский энергетический институт

## ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ЛОКАЛЬНОМ ИК-ОБОГРЕВЕ В ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЯХ

Наведено результати дослідження ІК-ламп та ІК-пальників. Показано перспективність використання у тепло технологіях локального ІК-обігріву.

Приведены результаты исследования различных ИК-ламп и ИК-горелок. Показано перспективность использования в теплотехнологиях локально ИК-обогрева.

We describe some results of the investigation of different infrared lamps and infrared burners. We show the prospects of using local infrared heating in thermal technologies.

$V_{гор}$  — расход газа;

$V_{лампа}$  — расход топлива при выработке электроэнергии для электрической лампы;

$Q_{н}^c$  — низшая теплота сгорания газа;

$Q_{нтопл}^c$  — низшая теплота сгорания топлива;

$Q_{гор}^{луч}$  — тепловой поток излучения от газовой ИК-горелки;

$Q_{лампа}^{луч}$  — тепловой поток излучения от электрической ИК-лампы;

$\eta_i$  — КПД соответствующего  $i$ -ого элемента, рис. 4,1;

$\prod_{i=1}^3 \eta_i = \eta_1 \eta_2 \eta_3$  — коэффициент полезного действия элементов 1-3, рис. 4,1.

### **Спектральные, энергетические характеристики и надёжность “светлых” ИК-горелок и электрических ламп**

В настоящее время для локального ИК-обогрева используются ИК-лампы и “светлые” газовые ИК-горелки, (см. табл.).

Новые конструкции “светлых” газовых ИК-горелок и электрических ламп потребовали проведения сравнительных исследований их спектральных и энергетических характеристик.

На рис. 1 представлены энергетические характеристики электрических ИК-ламп.

Как видно из рис. 2, спектральные характеристики современных “светлых” газовых ИК-горелок достаточно близки электрическим лампам, что указывает на их возможную взаимозаменяемость в ряде современных теплотехнологий.

На рис. 3 даны энергетические характеристики газовых ИК-источников и электрических ИК-ламп. Представленная на рис. 3 энергетическая характеристика газовой ИК-горелки, разработанной лабораторией “Теплоэнергетики” ГНУ ВИЭСХ, имеет в 1,7 раза выше, чем заводская горелка фир-

мы “Кромшредер” среднеинтегральную плотность теплового потока на облучаемой поверхности, при одинаковом расходе газа и высоте подвеса.

В свиноводстве для организации локального ИК-обогрева одна газовая горелка при высоте подвеса 2 м может обогреть 20 поросят. Это же количество животных обогревают две электрические лампы мощностью 250 Вт каждая с высоты 1 м. Замена двух электрических ламп на газовые ИК-горелки фирмы “Кромшредер” паспортной мощностью 1,5 кВт неравнозначна, поскольку плотность теплового потока от электрической лампы мощностью 250 Вт, установленной над облучаемой поверхностью, достигается от газовой ИК-горелки с высоты закрепления на 0,64 м большей, а площадь облучения при этом больше в 4 раза.

Затраты на энергоноситель представленных на рис. 3 источников излучения составляют (в средних ценах 2003 г):

– ИК-лампы Philips 250 – 0,25 руб. в час;

– экспериментальная газовая ИК-горелка – 0,08 руб. в час.

Надёжность “светлых” газовых ИК-горелок значительно выше ИК-ламп. Экспериментально уста-

Таблица. Электрические лампы и газовые ИК-горелки для локального ИК-обогрева животных и птицы

| Электрические лампы |                                |           |  |
|---------------------|--------------------------------|-----------|--|
| №                   | Фирма изготовитель             | Страна    | Электрическая мощность, Вт                 |
| 1                   | Philips                        | Голландия | 250  |
| 2                   | Philips                        | Голландия | 175  |
| 3                   | Tungsram                       | Венгрия   | 175  |
| 4                   | Ryu-arm Co.Ltd                 | Корея     | 175  |
| Газовые ИК-горелки  |                                |           |  |
|                     | Фирма изготовитель             | Страна    | Тепловая (излучаемая) мощность горелки, Вт |
| 5                   | Кромшредер                     | Германия  | 1500                                       |
| 6                   | Кромшредер                     | Германия  | 1000                                       |
| 7                   | Завод газовой аппаратуры Веста | Россия    | 3650                                       |
| 8                   | Alke                           | Голландия | 5300                                       |

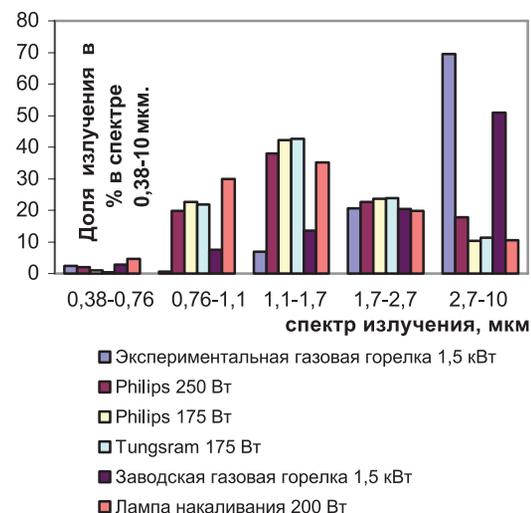
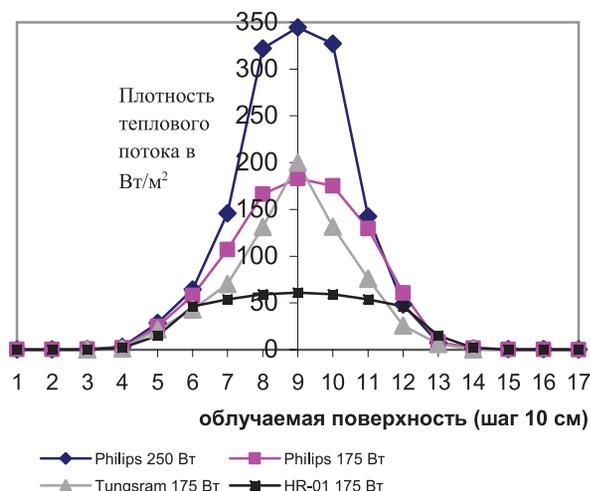


Рис. 1. Распределение плотности теплового потока на облучаемой поверхности от ИК-ламп при высоте их подвеса над облучаемой поверхностью 0,945 м в спектральном диапазоне 0,22...10 мкм.

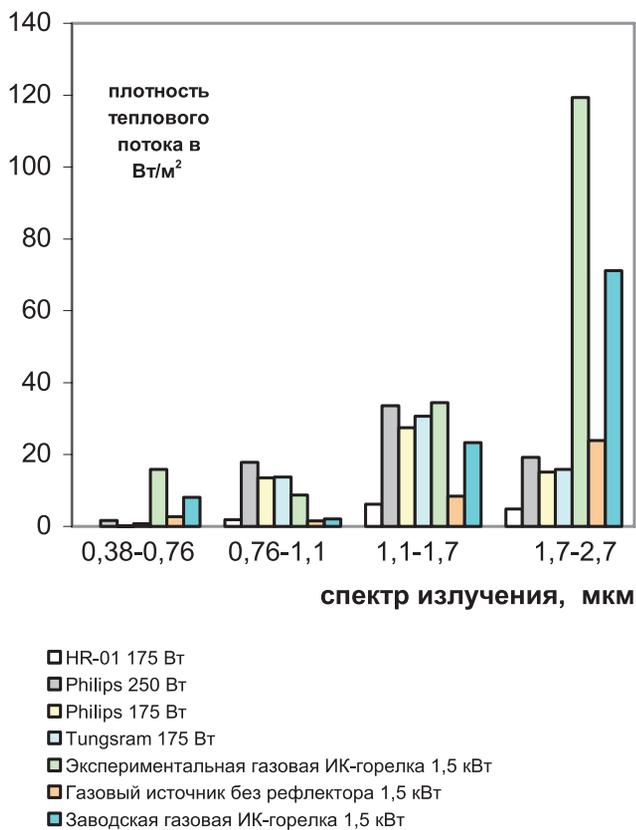
Рис. 2. Диаграммы спектральных составляющих различных ИК-источников.

новлено, что в реальных производственных условиях свиноводства электрические лампы Philips 250 в секции опороса за 9 месяцев эксплуатации имели 9% выходов из строя. Для отечественных ИК-ламп процент выхода из строя значительно выше.

### Сравнение различных энергоносителей и источников излучения при локальном ИК-обогреве

Экономические оценки по использованию локального ИК-обогрева в теплотехнологиях долж-

ны учитывать вид энергоносителя (газ, уголь, торф и др.), общую схему производства энергии излучения и источник излучения. Ввиду повышения цен на электрическую энергию локальный газовый обогрев, использующий “светлые” ИК-горелки [1,2], начинает занимать приоритетное место. Основным преимуществом локального газового ИК-обогрева с помощью горелок является прямое сжигание газа в зоне потребления теплоты. При этом тепловые потери связаны только с эффективностью ИК-источника. При электрическом ИК-обогреве для получения энергии излучения от лампы необходимо повышать эффективность цепочки производства эле-



**Рис. 3. Диаграммы плотностей теплового потока от различных ИК-источников при высоте подвеса 1,58 м над облучаемой поверхностью в различных спектральных диапазонах.**

ктроэнергии. Например, при производстве электроэнергии на теплоэлектростанции потери исходной газовой энергии происходят (рис. 4) при сжигании газа для нагрева воды в котле, при превращении кинетической энергии пара в электроэнергию в турбине и генераторе, при трансформации напряжения на подстанциях, при передаче электроэнергии к нагрузке (лампы, нагреватели) потребителя.

Согласно [3] в 1998 году производство электроэнергии включало следующие составляющие: теплоэлектростанции – 68%, атомные электростанции 13%, гидроэлектростанции – 19%. Общая доля полезной теплоты сгоревшего газа согласно схеме (рис. 4, 1) представляет собой произведение коэффициентов полезного действия:

$$\eta_{1-4} = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \eta_4 = \prod_{i=1}^4 \eta_i \quad (1)$$

Проведём сравнение газовых ИК-источников с электрическими.

Тепловой (излучение) КПД газовой ИК-горелки

$$\eta_{гор}^{луч} = \frac{Q_{гор}^{луч}}{B_{гор} \cdot Q_H^c} \quad (2)$$

Исходя из (рис. 4, 1) тепловой КПД электрической лампы

$$\eta_{лампы}^{луч} = \frac{Q_{лампы}^{луч}}{B_{лампы} \cdot Q_{итопл}^c \cdot \prod_{i=1}^3 \eta_i} \quad (3)$$

Как отмечено в [4], для величины  $\eta_1$  “Коэффициент полезного использования органического топлива (из которого получается большая часть производимой электрической энергии) составляет 12,5...17,5% (если принимать КПД тепловой электрической станции 25...33%, а суммарный КПД электротермической установки 50%). Таким образом, при преобразовании химической энергии топлива в электрическую, а затем в тепловую более 80% химической энергии топлива не используется ...”. Как правило, величина  $\eta_{1-3}$  составляет:

$$\prod_{i=1}^3 \eta_i \approx 0,08...0,12 \quad (4)$$

Составляющие цены на электроэнергию учитывают стоимость и эксплуатационные расходы каждого элемента, рис. 4, I. Её производители согласно такой схеме могут обосновать любой тариф.

При прямом сжигании газа в “светлых” ИК-горелках и получении тепловой энергии излучения на месте её потребления (рис. 4, II) КПД схемы фактически определяется КПД “светлой” газовой ИК-горелки. КПД излучения газовых “светлых” ИК-горелок более 45% [5]. Тарифы на газ формируются менее затратной технологической цепочкой, чем тарифа на электроэнергию, ограничены мировыми ценами. Поэтому в рыночных условиях газ всегда будет дешевле электроэнергии.

Для сравнения электрического и газового ИК-обогрева положим, что  $Q_{лампы}^{луч} = Q_{гор}^{луч}$ , тогда:

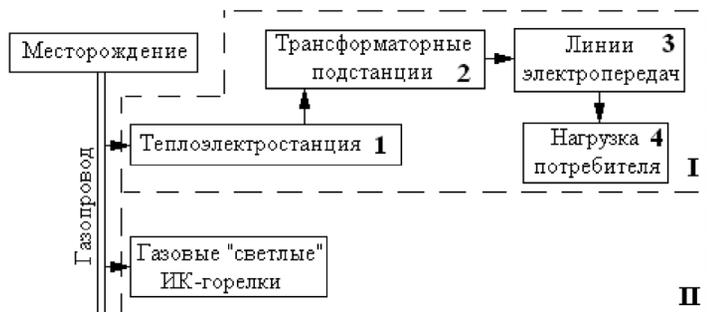


Рис. 4. Схема производства электроэнергии из газа и прямого сжигания газа в горелке.

$$\frac{\eta_{лампы}^{луч}}{\eta_{гор}^{луч}} = \frac{V_{гор} \cdot Q_n^c}{V_{лампы} \cdot Q_{итопл}^c \cdot \prod_{i=1}^3 \eta_i} \quad (5)$$

ИЛИ

$$V_{лампы} = \frac{\eta_{гор}^{луч}}{\prod_{i=1}^4 \eta_i} \cdot V_{гор} \cdot \frac{Q_n^c}{Q_{итопл}^c} \quad (6)$$

В [6] были проведены исследования ИК-ламп ВGW (ГДР). При этом измерены: температура нити (22000 К), максимум длины волны излучения (1,3 мкм). Её энергетический КПД составил  $\eta_{зд} = 65...70\%$ . Установлено такое распределение энергии в спектре:

- световая – 0,2%;
- инфракрасного излучения – 65...70%;
- поглощения в колбе и потерь в окружающую среду – 33...28%.

Определено, что КПД газовой ИК-горелки соответствует 45% [5].

Таким образом, соотношение расходов газа при газовом и электрическом ИК-обогреве с учётом (2), (3) и при  $Q_{итопл}^c = Q_n^c$  примет вид:

$$V_{лампы} \approx 5,4 \cdot V_{гор} \quad (7)$$

Необходимо учитывать, что независимо от того включена электрическая лампа (нагрузка) или нет теплоэлектростанция, как правило, вырабатывает электроэнергию и потребляет газ, а при локальном газовом ИК-обогреве в период выключения газовых горелок на профилактику и т.п. газ не используется.

Описанный подход может быть использован для сравнения различных источников ИК-обогрева при других энергоносителях.

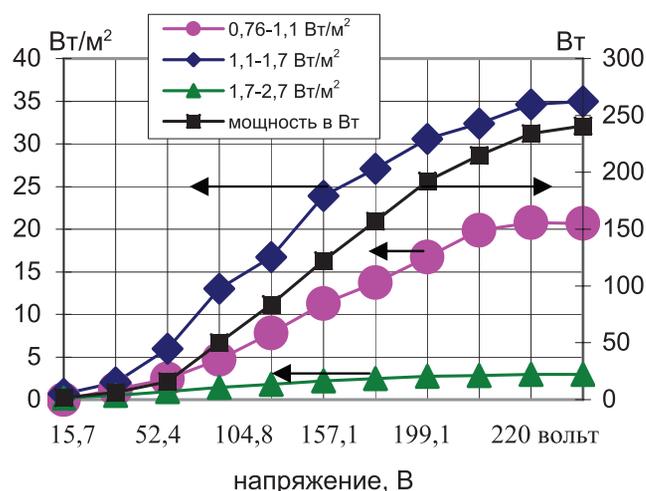


Рис. 5. Увеличение плотности теплового потока на облучаемой поверхности от электрической ИК-лампы Philips 250 в различных спектральных диапазонах, мощности потребляемой лампой в зависимости от приложенного к ней напряжения.

### Энергосбережение при использовании источников ИК-излучения ("светлые" газовые ИК-горелки и ИК-лампы)

При использовании электрических ламп для локального ИК-обогрева в теплотехнологиях рассмотрен вопрос энергосбережений путём исследования прироста плотности теплового потока, например, лампы Philips 250 при различных напряжениях, подаваемых на лампу, рис. 5.

Из рис. 5 видно, что в спектральном диапазоне длин волн 1...3 мкм, являющимся диапазоном излучения, проникающим в живой организм и воздействующим на кровяную и иммунные системы (например, поросят), имеет место значительное повышение потребляемой электроэнергии при уменьшении прироста лучистой составляющей [7, 8]. Повышение напряжения более 190 В ведёт к необоснованному увеличению температуры вольфрамовой нити накала с 1300 до 2200 °С, что приводит её к активному разрушению из-за термоэмиссии. Кроме того, при температуре нити 2200 °С излучение источника имеет длины волн менее 0,38 мкм. При этом спектрометр регистрирует излучение от стеклянной колбы лампы в длинноволновом диапазоне и увеличение интенсивности видимого спектра на границе 0,38 мкм.

Как видно из рис. 5, увеличение плотности теплового потока с длиной волны 1...3 мкм при напряже-

ниях выше 190 В незначительно. Следовательно, при локальном ИК-обогреве в теплотехнологиях расходуется 100 Вт электрической мощности с минимальным эффектом, при сокращении ресурса ИК-ламп.

Для “светлых” газовых ИК-горелок энергосбережение достигается путём моделирования формы рефлектора, позволяющего экономить расход газа [9]. С учётом спектральных характеристик “светлых” газовых ИК-горелок замена ими электрических ИК-ламп или ТЭНов, например, в радиационно-конвективных сушильных установках позволит экономить значительные средства на энергоноситель и уменьшить себестоимость конечной продукции.

### Выводы

1. Проведённые нами исследования различных ИК-ламп и ИК-горелок, поставляемых на Российский рынок, показывают, что у фирм производителей отсутствуют методы и средства прямого контроля тепловых потоков ИК-излучения, а также подходы к существенному увеличению составляющей излучения ИК-потока, необходимой для животных.

2. Контроль пирометрической температуры животного [10, 11] относится к не аттестованным Ростестом методам и техническим средствам и рассматриваться и сравниваться с традиционными методами не может.

3. Попытка фокусировать тепловую энергию от нити накаливания с помощью напылённого на стекло отражателя не даёт ощутимого прироста плотности теплового потока, поскольку стекло-фильтр существенно снижает её. Существующие в настоящее время рефлекторы для ламп могут управлять только оптическим излучением, существенного увеличения плотности теплового потока в спектре 1...3 мкм в зоне обогрева не дают.

4. Представленные результаты показывают перспективу использования в теплотехнологиях локального газового ИК-обогрева.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Лебедев Д.П., Пенкин А.А.* Газовые ИК-горелки с керамическими насадками для локального обогрева животноводческих помещений.

//Труды XI Международной научно-практической конференции. (9-10 октября 2002 г.) Научно-технический прогресс в инженерной сфере АПК России – проблемы развития машинных технологий и технических средств производства сельскохозяйственной продукции. – Москва, ГНУ ВИМ, 2002. – Кн. 144. – Ч.3. – С. 201–207.

2. *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, 2002. – №12. – С. 38.

3. *Кириллов Н.* Проблемы газовой отрасли России. //Индустрия. – Санкт-Петербург, Институт Промышленной информации, 2002. – №1 (27). – С. 83–85.

4. *Голубков Б.Н., Данилов О.Л., Зосимовский Л.В. и др.* Теплотехническое оборудование и теплоснабжение промышленных предприятий. //Учебник для техникумов. – М.: Энергия, 1979. – 544 с.

5. *Родин А.К.* Газовое лучистое отопление. – Л.: Недра, 1987. – 197 с.

6. *Гинзбург А.С.* Инфракрасная техника в пищевой промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 408 с.

7. *Лебедев Д.П., Пенкин А.А.* Технологический эффект в условиях локального инфракрасного обогрева сельскохозяйственных животных. //Пятая Международная теплофизическая школа. Материалы школы. (20-24 сентября 2004). – Тамбов, 2004. – Ч.2. – С. 210–212.

8. *Крылов Е.В.* Газовый инфракрасный обогрев животноводческих помещений: автореферат дисс. д-ра техн. наук. – Саратов, 1996. – 22 с.

9. *Заявка 2002135471 на Патент РФ.* Способ организации оптимального инфракрасного обогрева. /Лебедев Д.П., Пенкин А.А. 30.12.2002. Полож. реш. о выдаче Патента РФ 19.07.2004.

10. *Растимешин С.А.* Локальный обогрев молодняка животных. – М.: Агропромиздат, 1991. – 150 с.

11. *Дубровин А.В.* Автоматизированная электротехнология централизованного локального и общего обогрева в птицеводстве. Автореф. дисс. д-ра техн. наук. – Москва, ВИЭСХ, 2004. – 40 с.

Получено 01.02.2006 г.