

8. *Shan X, Chen H.* (1994) Simulation of nonideal gases and liquid-gas phase transitions by the lattice Boltzmann equation. *Phys Rev E* 49. – P. 2941–2948.
9. *He, X. & Luo, L.* (1997). Theory of the lattice Boltzmann method: from the Boltzmann equation to the lattice Boltzmann equation. *Phys. Rev. E* 56, 6811 p.
10. *Q. Zou and X. He.* On pressure and velocity boundary conditions for the lattice Boltzmann BGK model. *Phys Fluids* 96 (1997), – P. 6202 – 6205.
11. *Beskok A, Karniadakis G.E.* (1992) Simulation of slip-flows in complex microgeometries *ASME DSC.* –vol 40, – P. 355–70.

Получено 04.01.2011 г.

УДК 697.92

Желих В.М.¹, Фиалко Н.М.², Прокопов В.Г.²

¹Национальный университет «Львівська політехніка»

²Институт технической теплофизики НАН Украины

ТЕПЛОВОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНФРАКРАСНЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ

Наведено результати натурних експериментів щодо визначення температурного режиму тваринницьких приміщень при застосуванні систем опалення на основі інфрачервоного нагріву. Виконано аналіз впливу швидкості повітря, що подається в зону нагріву, на характеристики її теплового стану. Одержано узагальнюючі залежності для визначення середньої температури підлоги в технологічній зоні.

Представлены результаты натурных экспериментов по определению температурного режима животноводческих помещений при использовании систем отопления на основе инфракрасного нагрева. Выполнен анализ влияния скорости воздуха, подаваемого в зону нагрева, на характеристики ее теплового состояния. Получены обобщающие зависимости для определения средней температуры пола в технологической зоне.

The results of natural experiments for finding of temperature regimes of livestock house at using of heating systems on the base of infrared heating are presented. An analysis of influence on heat condition characteristics of heating zone in which the air velocity comes is performed. Integrating dependences for determination of average floor temperature in the technical zone are obtained.

h – высота зоны пребывания птицы;
 Q – мощность инфракрасного нагревателя;
 q – плотность теплового потока;
 $t_{в}, t_{в \max}$ – текущая и максимальная температура воздуха;

$\bar{t}_{\text{пов}}$ – средняя температура пола;
 V – средняя скорость движения воздуха в зоне нагрева;
 x, y, z – пространственные координаты.

Введение

Использование современных систем отопления является одним из основных элементов поддержания зооветеринарных норм в животноводческих сельскохозяйственных помещениях и обеспечения необходимых параметров соответствующих технологических процессов.

При этом представляется весьма перспективным применение в качестве отопительных приборов инфракрасных нагревателей, поскольку последние позволяют обеспечить требуемые температурные режимы в технологических зонах данных помещений путем поддержания определенных температурных параметров

только непосредственно в местах пребывания животных [1-5].

Потребности практики проектирования систем отопления с использованием инфракрасных излучателей обуславливают необходимость углубленного анализа теплового состояния технологических зон животноводческих помещений, оснащенных такими системами. Причем наряду с изучением закономерностей изменения осредненных характеристик тепловых процессов требуется также и определение соответствующих локальных полевых характеристик, определяемых на основе достаточно точных детальнейших экспериментов.

Настоящая работа посвящена экспериментальным исследованиям температурных полей в зонах нагрева животноводческих помещений при использовании систем инфракрасного отопления. Ниже в качестве примера приводятся данные, относящиеся к животноводческим помещениям для выращивания и содержания птицы.

Цель исследований

Работа направлена на экспериментальное изучение теплового состояния зоны нагрева животноводческих помещений для выращивания и содержания птицы при варьировании мощности нагревателя и средней скорости движения воздуха в условиях использования системы отопления с ИК-излучателями.

Методика экспериментальных исследований

Основным элементом экспериментальной установки (рис. 1) является инфракрасный излучатель (1), установленный в верхней части зоны нагрева. Движение воздуха в исследуемом объеме обеспечивалось с помощью воздухораспределителя (2), исполненного в виде цилиндра в металлическом каркасе с камерой статического давления. Подача воздуха в исследуемую зону осуществлялась радиальным вентилятором (4) с регулированием расхода при помощи дросселя (5). Измерения температуры и скорости воздуха в зоне нагрева выполнялись

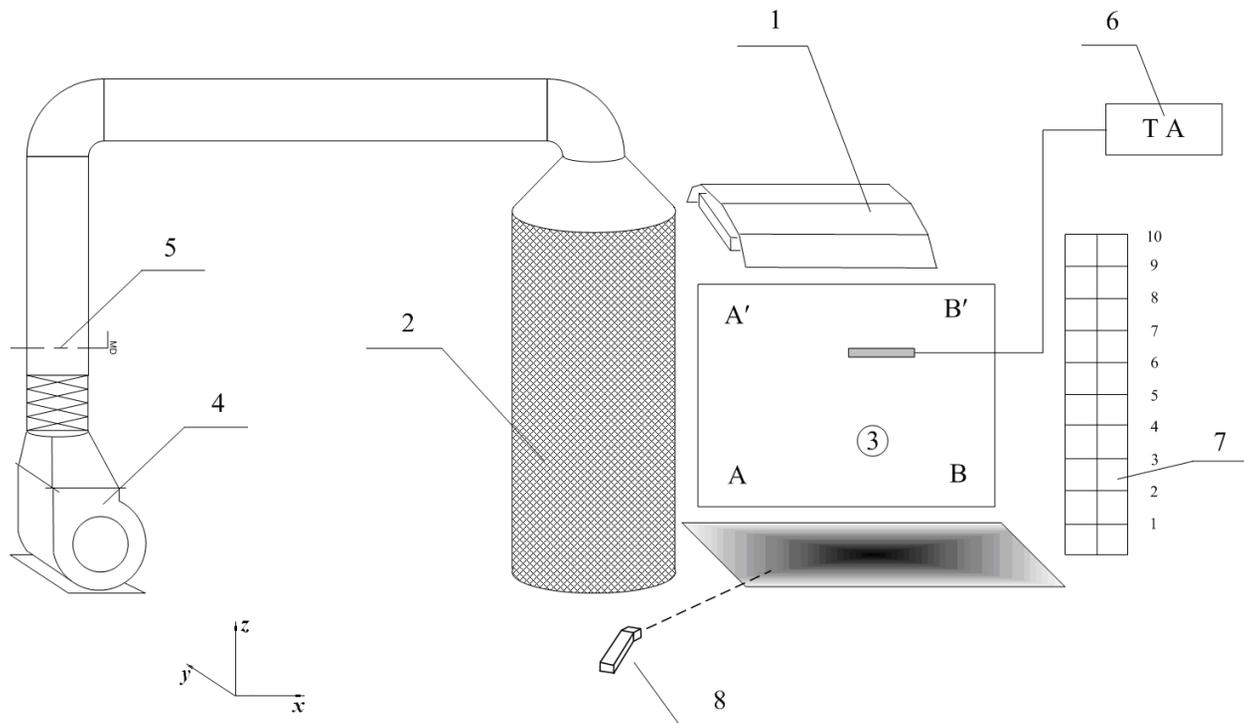


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:

1 – инфракрасный нагреватель; 2 – воздухораспределитель; 3 – технологическая зона; 4 – радиальный вентилятор; 5 – дроссель; 6 – термоанемометр; 7 – координатная сетка; 8 – пирометр.

термоанемометром АТТ 004. При проведении этих измерений использовался координатник (7). Температуры поверхности зоны облучения фиксировались с помощью пирометра (8).

Результаты исследований

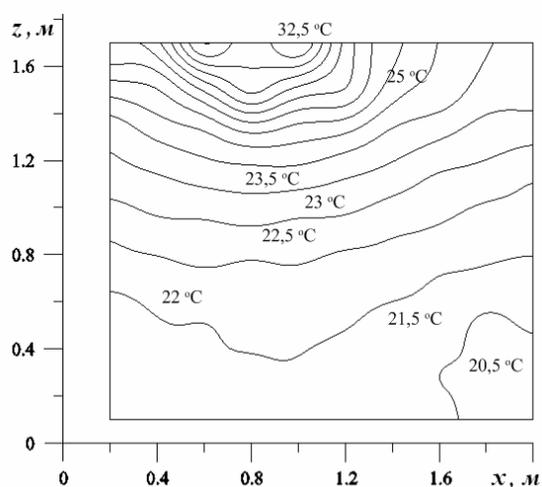
На рис. 2 представлены поля температур воздуха в вертикальном центральном сечении $AA'BB'$ зоны нагрева (рис. 1). Данные, приведенные на рис. 2 а, отвечают условиям отсутствия подачи воздуха из воздухораспределителя в данную зону. В этом случае имеет место теплоперенос за счет излучения, свободной

конвекции и теплопроводности. Рис. 2 б, в соответствует ситуации, когда реализуется подача воздуха из воздухораспределителя, и, следовательно, к указанным видам теплообмена добавляется еще и вынужденная конвекция.

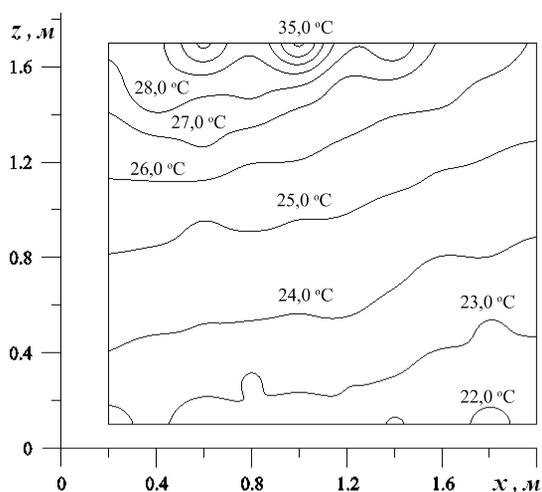
Отметим некоторые общие особенности приведенных температурных полей. Обращает на себя внимание тот факт, что в зоне, прилежащей к области расположения ИК-нагревателей, изотермы представляют собой концентрические полуокружности. Причем в этой зоне наблюдается наибольшая для рассматриваемой области густота изотерм, что соответствует, как очевидно, наибольшим значениям плотности теплового потока q .

Что же касается максимального перепада температур по высоте рассматриваемой области, то его значения для разной скорости V вынужденного движения воздуха оказываются весьма близкими по величине. Особо следует подчеркнуть, что во всех представленных ситуациях, т.е. как при отсутствии, так и при наличии вынужденного движения воздуха, в зоне пребывания птицы ($0 \leq h \leq 0,4$ м) обеспечивается требуемый диапазон температуры воздуха.

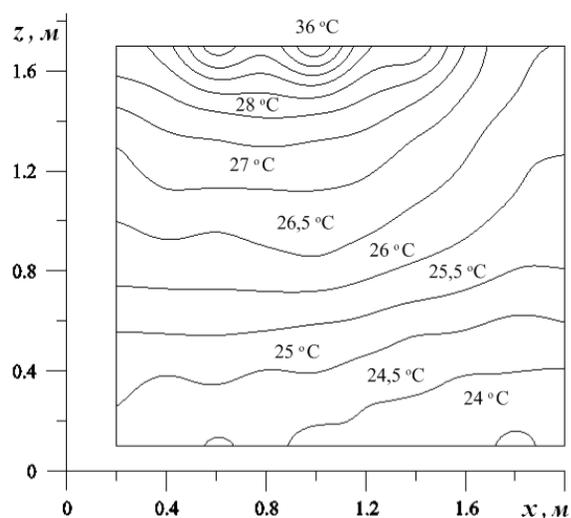
Как видно из представленных данных, с увеличением скорости подаваемого в зону на-



а)



б)



в)

Рис. 2. Поля температур в поперечном сечении $AA'BB'$ зоны нагрева при $Q = 1200$ Вт для разных значений средней скорости движения воздуха: $V = 0$ м/с (а); $V = 0,2$ м/с (б); $V = 0,35$ м/с (в).

грева воздуха его температура в целом возрастает во всей рассматриваемой области. Так, максимальные значения температур $t_{\text{в max}}$ равны 32,5 °С, 35 °С и 36 °С соответственно при $V = 0$ м/с, 0,2 м/с и 0,35 м/с. Однако, как уже отмечалось, степень неравномерности $\Delta t_{\text{в}}$ распределения температуры по высоте данной области не столь существенно зависит от величины скорости V . (Здесь $\Delta t_{\text{в}} = t_{\text{в}}|_{z=1,7\text{ м}} - t_{\text{в}}|_{z=0}$). Для приведенных значений скорости величина $\Delta t_{\text{в}}$ лежит в пределах 12-13 °С.

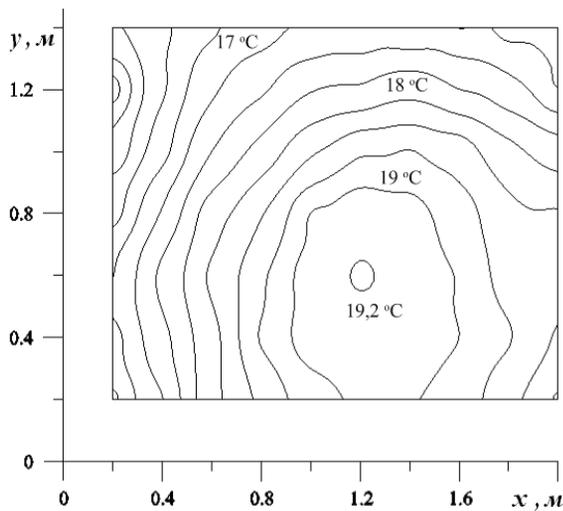
Отмеченное повышение температуры воздуха, по-видимому, обусловлено возрастанием

конвективной составляющей теплообмена с ростом скорости V .

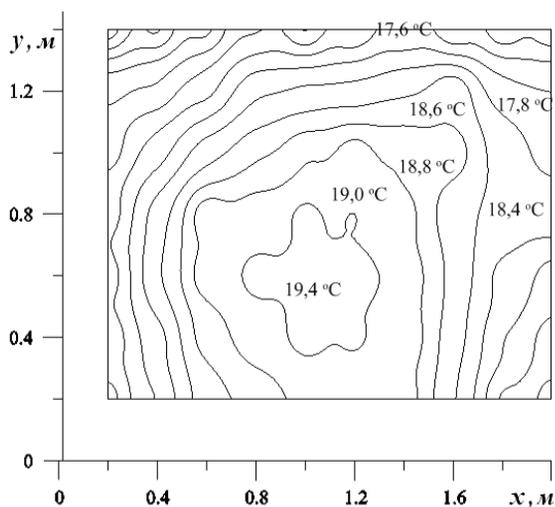
Следует также отметить, что увеличение скорости движения воздуха приводит к определенному изменению характера температурного поля. В наибольшей мере это касается подобласти, прилежащей к полу. Здесь при наличии движения воздуха неравномерность температуры в направлении его вынужденного течения оказывается в целом заметно выше, чем в случае, когда $V = 0$ (сопоставьте данные на рис. 2 а, б, в). Причем температура воздуха в указанном направлении при $V > 0$ падает. Данное обстоятельство объясняется возрастанием в этих условиях интенсивности теплоотдачи от воздуха к полу.

Что же касается среднеинтегральных значений температуры воздуха в зоне нагрева для трех рассмотренных ситуаций, то они возрастают с увеличением скорости V и составляют 22,0 °С, 24,7 °С и 26 °С соответственно величинам $V = 0$; 0,2 и 0,35 м/с.

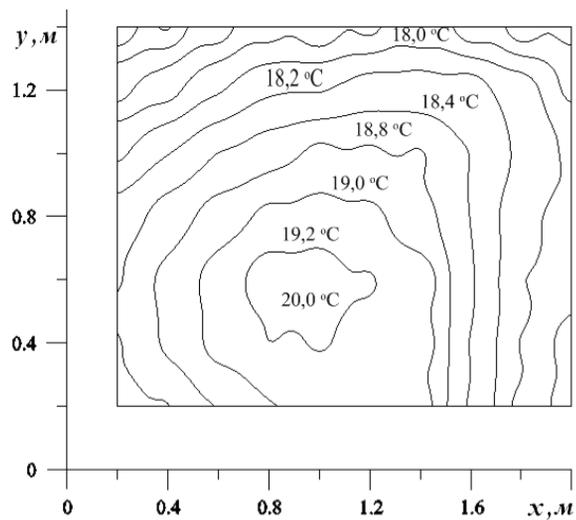
Тепловое состояние собственно пола характеризует рис. 3. Здесь представлены температурные поля, отвечающие разным значениям скорости воздуха при $Q = 800$ Вт. Зоны максимальных значений температуры соответствуют местоположению радиационного пятна нагре-



а)



б)



в)

Рис. 3. Поля температур пола при $Q = 800$ Вт для разных значений средней скорости движения воздуха: $V = 0$ м/с (а); $V = 0,2$ м/с (б); $V = 0,35$ м/с (в).

ва. Причем, как видно из приведенных данных, с ростом скорости V как максимальная температура, так и в целом температурный уровень пола увеличивается. Последнее обстоятельство обусловлено возрастанием интенсивности конвективной составляющей теплопереноса от воздуха к полу. Для приведенных ситуаций значение средних температур пола $t_{\text{пов}}$ равны 15,0 °С; 16,8 °С и 17,4 °С при $V = 0$ м/с; 0,2 м/с и 0,35 м/с соответственно.

На основании обработки данных проведенного комплекса натурных экспериментов получена зависимость для нахождения средней температуры пола в технологической зоне

$$\bar{t}_{\text{пов}} = -30,65 + 75,76 V + (6,89 - 10,42V) \ln Q. \quad (1)$$

Важно отметить, что неравномерность температурного поля пола является весьма незначительной для всех рассмотренных ситуаций. Расхождения максимальных и минимальных температур пола не превышают 1,5 °С, что в полной мере отвечает зоотехническим условиям содержания птицы.

Выводы

Представлены результаты экспериментальных исследований температурных полей в зонах нагрева помещений для выращивания и содержания птицы.

Изучены закономерности влияния на тепловое состояние зоны нагрева скорости движения воздуха, подаваемого в данную зону. При этом, в частности, показано, что уровни температур

воздуха в технологической зоне и температур пола возрастают с ростом скорости V .

Получена обобщающая эмпирическая зависимость для нахождения средней температуры пола в зоне нагрева.

ЛИТЕРАТУРА

1. Желих В.М., Фіалко Н.М. Експериментальні дослідження температурних режимів сільськогосподарських приміщень при створенні локального мікроклімату із застосуванням інфрачервоного нагріву // Пром. теплотехніка. – 2011. – Т.33, №1. – С. 70 – 74.

2. Патент Укр. на корисну модель №47887 кл. F24D 10/00. Пристрій мікрокліматичний для пташників. Бюл. №4 від 25.02.2010. Желих В.М., Фіалко Н.М.

3. Козинский В.А. Электрическое освещение и облучение – М.: Агропромиздат, 1991. – 272 с.

4. Ивко И.И., Мельник В.А., Кульбаба С.В. [и др.]. Микроклимат птичников: основные понятия, параметры и их влияние на продуктивность птицы и экологическую безопасность производства // Птахівництво: міжвідомчий тематичний науковий збірник. – ІП УААН, 2005. – Вип. 56 – С. 51 – 61.

5. Припотень Ю.К. Особенности расчета локального отопления с помощью источников инфракрасного излучения // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2001 – Вип. 12. – С. 61 – 65.

Получено 09.03.2011 г.