

## ВЛИЯНИЕ ОБОГРЕВА НЕСКОЛЬКИХ РАБОЧИХ ЗОН ГАЗОВЫМ ИНФРАКРАСНЫМ ОБОГРЕВАТЕЛЕМ НА ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ПОМЕЩЕНИЯ

**А.В. Вяткин**

*Томский политехнический университет,  
ИШЭ, НОЦ И.Н. Бутакова, гр. А1-44*

Научный руководитель: Б.В. Борисов, д.ф.-м.н., профессор НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ ТПУ

При отоплении промышленных помещений традиционной системой отопления тратится большое количество энергии из-за значительного объема таких помещений. Таким образом, с точки зрения энергетической эффективности необходимо отапливать только зоны, требующие обогрева, например, локальные рабочие или технологические зоны. Отопления локальных зон промышленных помещений можно осуществлять системой с использованием газовых инфракрасных излучателей (ГИИ) [1, 2].

В настоящее время, процесс теплообмена при обогреве локальной рабочей зоны газовым инфракрасным рассмотрен при различных условиях: различные расход приточного воздуха и расположение вентиляционных отверстий, изменение положения локальной рабочей зоны, варьирование степени черноты поверхности оборудования и ограждающих конструкций и т. д. [3–9]. Однако в данный момент не рассмотрен случай взаимного влияния обогрева нескольких рабочих зон на тепловой режим помещения.

Анализ взаимного влияния обогрева нескольких рабочих зон газовыми инфракрасными обогревателями на тепловой режим помещения рассмотрен в рамках модели теплопереноса [5]. В представленной работе представлена математическая модель в двумерной постановке. В качестве расчетной области принята прямоугольная область размерами  $L_x=10 \times L_y=4,4$  м, ограниченная ограждающими конструкциями толщиной  $L_{wall}=0,1$  м. В рассматриваемой области размещен один или два ГИИ на высоте 2,975 м. Также в области расположены одна или две горизонтальные панели на оси симметрии ГИИ, поверхность которых была на высоте 760 мм от пола. Рассматриваемая модель помещения оснащена приточно-вытяжной вентиляцией, представленной областями притока и оттока воздуха. Схема рассматриваемой области решения представлена на рис. 1. Воздух считается диатермичной средой, а все поверхности (стен, пола, потолка, ГИИ и оборудования) – непрозрачными серыми. В математической модели для численного анализа процессов теплопереноса используются стандартные модуль программной среды COMSOL Multiphysics: «The Heat Transfer in Fluids Interface» и «The Turbulent Flow, k-ε Interface». Для учета радиационного теплового потока используется модуль «Surface-to-Surface Radiation». Уравнение движения воздуха на границе «воздух-ограждающая конструкция» принято с учетом условия прилипания. На участке ввода воздуха задан расход и температура, на выходе – постоянное давление равное атмосферному.

Представленная математическая модель перед проведением численного расчета прошла проверку с результатами физического эксперимента [6].

В качестве начальных условий в представленной математической модели приняты следующие параметры: начальная температура воздуха в помещении  $+7$  °С, температура на входе приточной вентиляции  $+7$  °С, расход воздуха на входе приточной вентиляции –  $2 \cdot 10^{-4}$  кг/(с·м<sup>3</sup>).

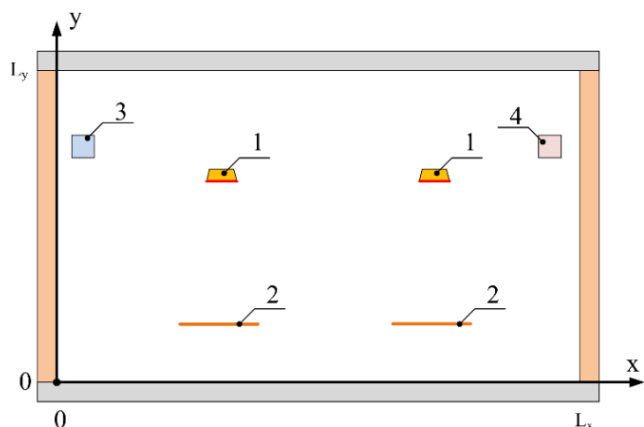
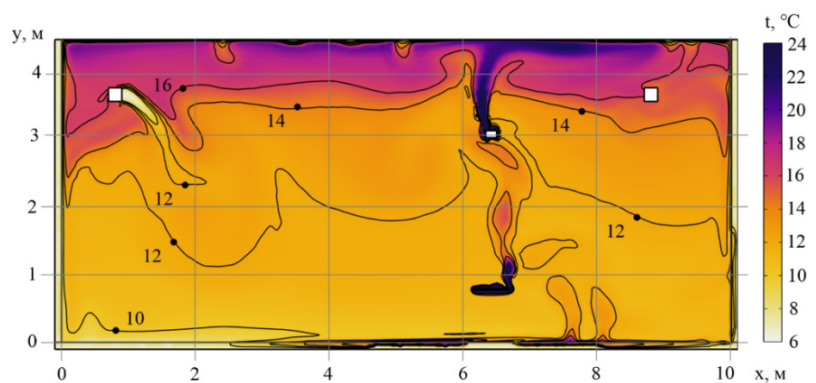
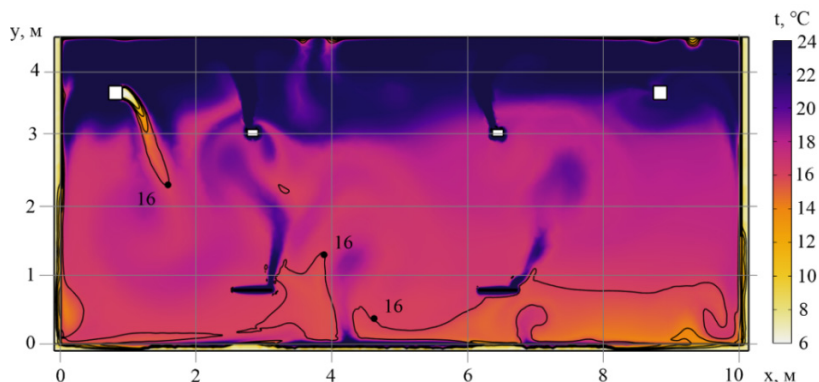


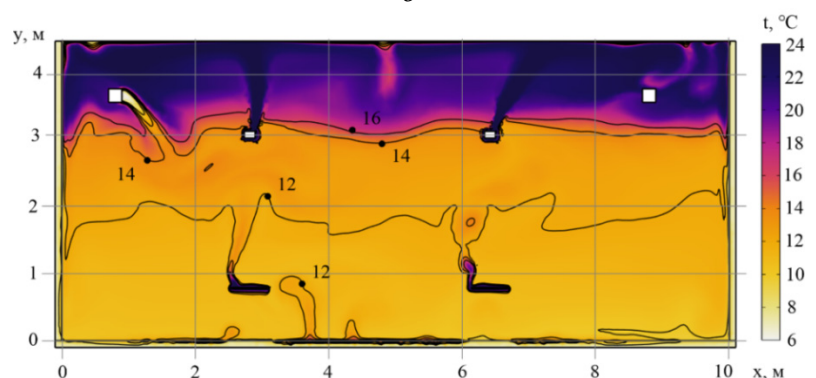
Рис. 1. Схема области решения:  
1 – Газовые инфракрасные излучатели;  
2 – Горизонтальные панели;  
3 – Область притока воздуха;  
4 – Область оттока воздуха



а



б



в

Рис. 2. Поля температур через 60 минут работы ГИИ в условиях смешанной конвекции:  
а) обогрев одной локальной рабочей зоны; б) обогрев двух локальных рабочих зон стандартными газowymi инфракрасными излучателями; в) обогрев двух локальных рабочих зон газowymi инфракрасными излучателями с пониженной мощностью на 25 %

В работе рассмотрены случаи обогрева одной локальной рабочей зоны, обогрева двух локальных рабочих зон со стандартной мощностью газового инфракрасного излучателя, обогрева двух локальных рабочих зон с пониженной мощностью газового инфракрасного излучателя на 25 %. Результаты показаны на рис. 2.

Представленные результаты показывают, что при обогреве второй локальной рабочей зоны газовыми инфракрасным излучателем средняя температура по всему объему помещения повышается на 3–4 °С. Однако, при снижении мощности газового инфракрасного излучателя на 25 % уменьшается градиент температур, и наблюдается более равномерный прогрев воздуха по всему помещению.

Таким образом, по результатам проведенного исследования, можно сделать вывод о том, что при обогреве газовыми инфракрасными излучателями нескольких локальных рабочих зон требуется корректирующий расчет мощности используемого оборудования. Уменьшение мощности оборудования также позволяет повысить энергетическую эффективность системы отопления промышленного помещения.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда (проект № 20-19-00226).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dudkiewicz E. Overview of exhaust gas heat recovery technologies for radiant heating systems in large halls / E. Dudkiewicz, P. Szałański // Thermal Science and Engineering Progress. – 2020. – V. 18. – P. 1–15.
2. Sarbu I. Numerical modeling of high-temperature radiant panel heating system for an industrial hall / I. Sarbu, A. Tokar // International Journal of Advanced and Applied Sciences. – 2018. – V. 5. – P. 1–9.
3. Heat transfer under conditions of operation of a gas infrared emitter and an air exchange system / B.V. Borisov, G.V. Kuznetsov, V.I. Maksimov and oth. // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – V. 2057. – P. 1–6.
4. The heat supply object thermal regime under conditions of gas infrared emitter and air exchange system joint operation / G.V. Kuznetsov, V.I. Maksimov, T.A. Nagornova, A.V. Vyatkin // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – V. 2119. – P. 1–5.
5. Numerical analysis of the equipment position influence on the premises thermal regime under gas infrared emitter operation and mixed convection conditions / B.V. Borisov, G.V. Kuznetsov, V.I. Maksimov and oth. // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – V. 2119. – P. 1–6.
6. Analysis of the Influence of the Gas Infrared Heater and Equipment Element Relative Positions on Industrial Premises Thermal Conditions / B.V. Borisov, A.V. Vyatkin, G.V. Kuznetsov and oth. // Energies. – 2022. – V. 15. – P. 1–19.
7. Thermal conditions of the local working area heated by a gas infrared heater under the mixed convection state / B.V. Borisov, V.I. Maksimov, T.A. Nagornova, A.V. Vyatkin // Journal of Physics: Conference Series. – 2022. – V. 2211. – Article number 012022.
8. Thermal regime of the local working zone in the industrial premises under radiant heating conditions / G.V. Kuznetsov, V.I. Maksimov, T.A. Nagornova, A.V. Vyatkin // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – V. 2057. – Article number 012124
9. Temperature fields of local working zones of large-sized industrial premises with sources of radiant local heating under conditions of mixed convection / A.V. Vyatkin, G.V. Kuznetsov, V.I. Maksimov, T.A. Nagornova // AIP Conference Proceedings. – 2022. – V. 2503. – Article number 020003.