

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ ИНФРАКРАСНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ НА ТЕПЛОВЫЕ РЕЖИМЫ ПОМЕЩЕНИЙ

Максимов В.И., Нагорнова Т.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск,
Tania@tpu.ru

Современные тенденции развития промышленности и технологии позволяют в достаточной степени использовать возможность применения высокотехнологичных способов обогрева производственных помещений и отдельных рабочих зон. Эффективным технологическим решением во многих случаях могут быть инфракрасные излучатели (ИИ) [1]. Тем не менее, их масштабное внедрение сдерживается по ряду причин, одной из которых является отсутствие эффективных методов расчета тепловых режимов объектов теплоснабжения, учитывающих в полной мере специфику теплопереноса в условиях работы излучателей. Поэтому весьма актуально моделирование тепловых режимов сопряженного теплопереноса с использованием моделей на базе нестационарных дифференциальных уравнений в частных производных, которые позволили бы оценить однородность и нестационарность температурных полей в закрытых областях с работающими ИИ.

Рассматривается замкнутая область (рис. 1), представляющая собой прямоугольник в поперечном сечении, в котором воздушная среда ограничена со всех сторон ограждающими конструкциями.

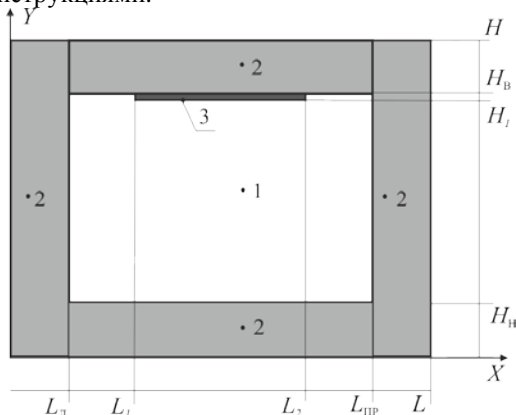


Рис. 1. Область решения рассматриваемой задачи: 1 – воздух; 2 – ограждающие конструкции; 3 – инфракрасный излучатель.

Для проведения сравнительного анализа свободноконвективных режимов теплопереноса в зоне нагрева были выбраны два варианта возможной постановки задачи.

Первый вариант (рис. 1) – в верхней части ($L_1 < X < L_2$ и $H_1 < Y < H_B$) области решения выделялся локальный (ограниченный по размерам) источник радиационного нагрева, поверхность которого имеет достаточно высокую температуру.

Второй вариант – излучатель в верхней части H_B области решения расположен по всей верхней границе (часто применяемое при моделировании упрощение). Толщины излучателей принимались малыми по сравнению с характерными размерами области.

В обоих вариантах при постановке задачи принималось, что вся энергия, поступающая от ИИ, аккумулируется в приповерхностном слое напольного покрытия. Воздух считался абсолютно прозрачной средой, не поглощающей и не рассеивающей излучение.

В качестве базовой системы дифференциальных уравнений, описывающих процесс естественной конвекции в рассматриваемой области (рис. 1) в режиме сопряженного теплопереноса, принята математическая модель [2, 3]. Учитывался теплопровод в ограждающие конструкции и аккумуляция в них энергии. На всех границах ИИ задавались граничные условия первого рода. На внешних границах области решения выставлялись граничные условия теплоизоляции, на границах раздела «воздух – бетон» граничные условия равенства тепловых потоков и температур.

Уравнения с соответствующими начальными и граничными условиями решались с использованием метода конечных разностей [4] на равномерной сетке. При решении задачи использовался алгоритм [2, 3], разработанный для численного решения задач естественной конвекции в замкнутых прямоугольных областях с локальными источниками энергии. Турбулизация течения нагретого воздуха моделировалась в рамках приближения алгебраической модели турбулентности [5].

На рис. 2 и 3 представлены результаты численного моделирования соответственно для двух рассматриваемых вариантов, иллюстрирующие основные закономерности теплопереноса в рассматриваемой системе отопления с использованием инфракрасных излучателей. Из сравнения рис. 2 и рис. 3 хорошо видно, что изменение поперечного размера излучателя приводит к существенной перестройке полей температур и гидродинамических характеристик.

В условиях второго варианта можно отметить движение потоков теплого воздуха в двух направлениях навстречу друг к другу (рис. 3): от нижней нагретой излучением поверхности и от самого излучателя, находящегося у верхней ограждающей конструкции. При этом для всего периода нагрева характерна значительная

неоднородность температурного поля, что сопровождается интенсивной турбулизацией воздушных потоков теплого воздуха (рис. 2). Эти закономерности, скорее всего, следует учитывать при выборе режима работы ИИ.

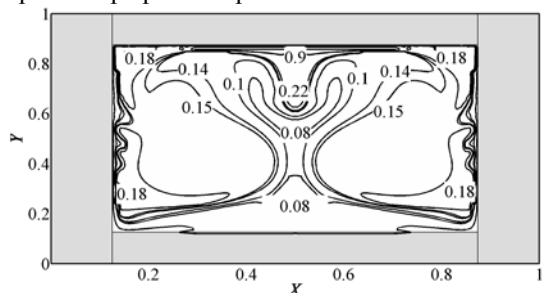


Рис. 2. Поле температур для условий естественной конвекции в замкнутой области для первого варианта модели при $\tau=54000$.

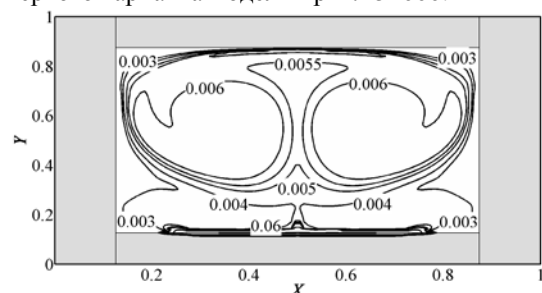


Рис. 3. Поле температур для модели естественной конвекции в замкнутой области для второго варианта модели при $\tau=54000$.

Также с целью анализа влияния температуры нагреваемой поверхности инфракрасного излучателя на температурные поля в газовой области (рис. 1) рассчитаны температуры на наиболее интересном для оценок расстоянии по высоте помещения H в сечении $X=0,5$ для двух рассматриваемых вариантов расположения ИИ.

Представленные в табл. 1 результаты позволяют сделать выводы о том, что при расположении источника не по всей верхней границе области температуры в этом сечении выше. Прогрев воздушной части рассматриваемой области происходит быстрее. На практике типичным является [1] нагрев верхней части промышленных зданий, в то время, как цель использования ИИ – обогрев в основном нижней половины помещения. С одной стороны, это обстоятельство может оказаться отрицательным при оценке величины потерь тепла вследствие оттока энергии в верхнюю ограждающую конструкцию. С другой стороны, равномерность прогрева достигается значительно быстрее за счет конвективного теплообмена. Кроме того, для первого варианта можно отметить высокие значения температур именно в средней части области. Это

обстоятельство может оказаться решающим при обогреве помещений малой высоты.

Таблица 1. Распределение температуры по высоте области решения в сечении $X=0,5$ в первом (Θ_1) и втором (Θ_2) вариантах для момента времени $\tau=54000$.

H	Θ_1	Θ_2
0.1	0,0066	0,0065
0.2	0,0655	0,004
0.3	0,1403	0,0045
0.4	0,1613	0,0051
0.5	0,125	0,0053
0.6	0,0773	0,0053
0.7	0,0907	0,0053
0.8	0,7902	0,0053

Полученные результаты хорошо иллюстрируют возможность интенсификации процессов теплопереноса в замкнутых областях при работе ИИ за счет варьирования их положения и размеров. Также на основании результатов выполненных теоретических исследований можно сделать вывод о перспективности использования разработанного подхода для анализа температурных полей и тепловых режимов объектов, обогреваемых инфракрасными излучателями.

Работа выполнена в рамках НИР Госзадания «Наука» (Шифр федеральной целевой научно-технической программы 2.1321.2014).

Литература.

1. Давлятчин Р.Р., Куриленко Н.И. Лучисто-конвективный теплообмен газовых инфракрасных излучателей с многослойной конструкцией кровли // Приволжский научный журнал. – Нижний Новгород, 2009. – № 2. – С. 74–78.
2. Кузнецов Г.В., Куриленко Н.И., Максимов В.И., Мамонтов Г.Я. Нагорнова Т.А. Теплоперенос при нагреве локальной области крупногабаритного производственного помещения газовыми инфракрасными излучателями // Инженерно-физический журнал, 2013. - т.86 - № 3. - с. 489-494.
3. Kuznetsov, G.V., Maksimov, V.I., Sheremet, M.A. Natural convection in a closed parallelepiped with a local energy source // Journal of Applied Mechanics and Technical Physics, 2013 – V. 54. – № 4. – P. 588 – 595.
4. Самарский А.А. Теория разностных схем.– М.: Наука, 1977. – 656 с.
5. Белов И.А., Исаев С.А. Моделирование турбулентных течений: Учебное пособие, Балтийский государственный технический университет. – СПб., 2001. – 108 с.