

**Процессы естественной конвекции
в отапливаемых помещениях**

Захаревич А. Э.

Белорусский национальный технический университет

Изучение процессов переноса в системе: отопительные приборы, ограждения, человек и окружающие его предметы, средства производства и т.п. является необходимым условием решения следующих актуальных проблем: обеспечения требуемых санитарно-гигиенических и (или) технологических параметров микроклимата; сохранности сооружений, материальных и культурных ценностей.

Применяемые в настоящее время нормативные методики теплотехнических расчетов и проектирования систем отопления позволяют решать инженерные задачи с использованием средних значений расчетных величин и не позволяют получить численное значение локальных и мгновенных параметров микроклимата.

При работе систем отопления в формировании параметров микроклимата помещения значительную роль играет естественная конвекция. Формируемые в процессе естественной конвекции (ЕК) температурное и скоростное поля воздушной среды можно найти при решении системы дифференциальных уравнений, состоящей из уравнения движения (Навье-Стокса), уравнения неразрывности и уравнений переноса [1,2].

Относительно малые перепады температур, которые обычно имеют место в объемах отапливаемых помещений, позволяют при решении оговоренной выше системы дифференциальных уравнений принять допущение Буссинеска – Обербека [1,2].

Система уравнений ЕК весьма сложна даже для численного решения и анализа, аналитическое решение ее пока невозможно. В настоящее время (за исключением весьма упрощенных случаев) решение трехмерных задач получить не удастся, в том числе и ввиду особых требований к вычислительной технике. По этой причине в исследовательской работе ограничиваются решением двухмерных задач. Этот подход принят и нами при решении поставленных задач.

При решении плоских задач удается значительно упростить вычислительный процесс путем перехода к системе уравнений с применением в виде аргументов функции тока ψ и завихренности ω [1,2]. Решение уравнений ЕК конкретизируется начальными и граничными условиями для температуры и скорости, на основании которых выводятся соответствующие соотношения для функции тока и завихренности.

В нашем исследовании для решения задач ЕК принят метод конечных разностей (МКР). Область непрерывного изменения аргументов в МКР заменяется сеткой, в узловых точках которой и определяются значения искомой функции. Функции и производные в каждом узле аппроксимируются некоторыми линейными комбинациями значений соответствующих параметров, входящих в уравнения и краевые условия [1].

На рис. 1-4 представлены результаты двух вариантов расчета, осуществленных по программе, разработанной автором под руководством д.т.н. Дячека П.И. Алгоритм построен на основе консервативной монотонной аппроксимации дифференциальных операторов для стационарной двумерной задачи ЕК. Уравнения, представленные с помощью $\psi - \omega$ аргументов, относятся к уравнениям эллиптического типа и решаются итерационным методом Зейделя с применением параметров релаксации. В приводимых ниже результатах расчета температурного поля задавались граничные условия первого рода, при определении поля скоростей на границе области использовано условие прилипания.

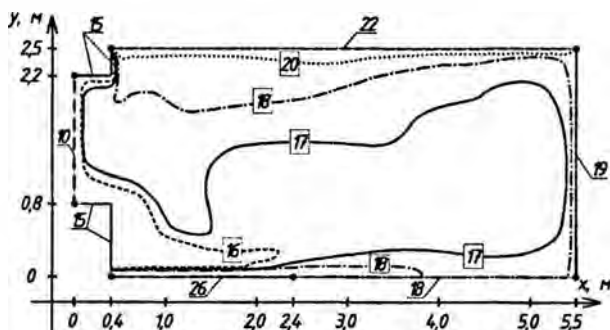


Рис. 1. Температурное поле, вариант расчета №1

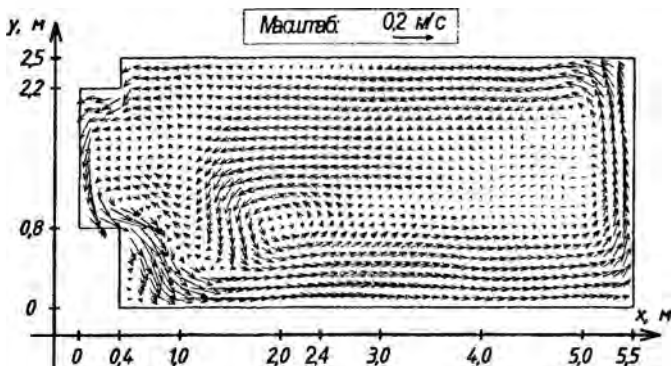


Рис. 2. Поле векторов скорости, вариант расчета №1

Расчеты выполнены на равномерной сетке с шагом 0,1 м. Расчетная область размером и формой представляет вертикальный разрез помещения по окну. Путем задания двух вариантов граничных условий для температуры моделируются различные виды отопительных приборов. Вариант №1 – «теплый пол» шириной 2 м в приоконной зоне с $t = 26^{\circ}\text{C}$ (рис. 1). Вариант №2 – отопительная панель под окном с $t = 50^{\circ}\text{C}$ (рис. 3). Температуры остальных поверхностей представлены на рисунках. На рис.1 и 2 видно, что при напольном отоплении холодные потоки воздуха, образующиеся на поверхности окна с $t = 10^{\circ}\text{C}$, опускаются вниз и настилаются на поверхность пола. Формируется зона дискомфорта, особенно нежелательная при нахождении в помещении детей. В то же время повышать температуру напольной системы отопления выше 26°C не допускается по санитарно-гигиеническим требованиям. Анализ результатов второго варианта расчета (рис. 3 и 4) показывает, что воздух, нагретый отопительной панелью под окном, поднимается вверх и преграждает путь более холодным ниспадающим потокам воздуха от окна, которые локализуются в нише. Таким образом, более комфортные для человека тепловые условия создаются при использовании второго варианта системы отопления.

В настоящее время разрабатывается модель ЕК в отапливаемом помещении, в которой будут учтены процессы теплопередачи в ограждающих конструкциях с различным конструктивным решением, перенос теплоты в пограничном слое, формируемом на внутренней поверхности ограждений, реальный ха-

рактический характер изменения параметров наружного воздуха, лучистый и конвективный теплообмен между поверхностями в помещении и отопительными приборами.

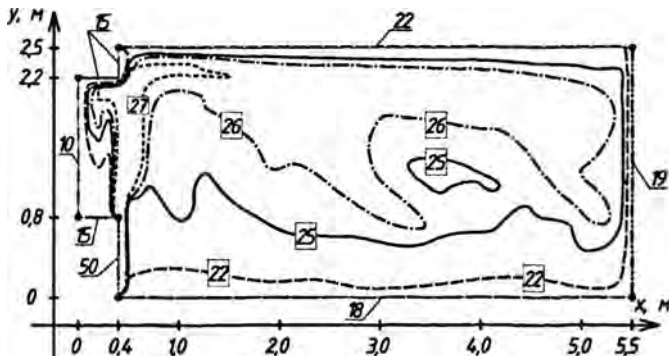


Рис. 3. Температурное поле, вариант расчета №2

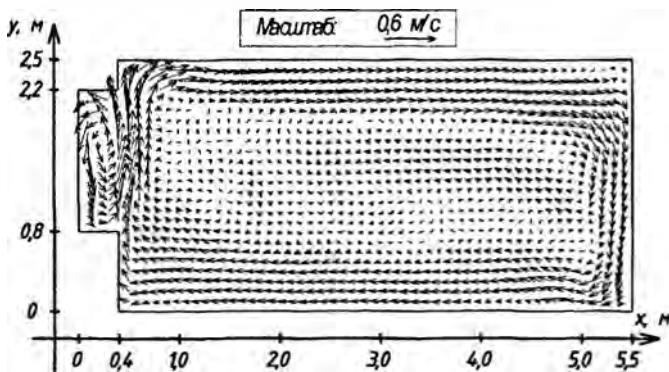


Рис. 4. Поле векторов скорости, вариант расчета №2

Вывод. Расчеты показывают, что тип отопительного прибора оказывает значительное влияние на распределение параметров микроклимата и уровень теплового комфорта в помещении.

Литература

1. Берковский, Б. М. Вычислительный эксперимент в конвекции / Б. М. Берковский, В. К. Полевиков. – Мн.: Университетское, 1988. – 167 с.
2. Цаплин, А. И. Численное решение задач конвективного теплообмена: учеб. пособие / А. И. Цаплин. – Пермь: ППИ, 1985. – 84 с.