

УДК 536.24:697.1

Тадля О.Ю., Круковский П.Г.

Ин-т технической теплофизики НАН Украины

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ РАСЧЕТНОГО АНАЛИЗА ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ И ТЕПЛОПOTЕРЬ ПОМЕЩЕНИЙ С РАЗЛИЧНЫМИ СИСТЕМАМИ ОТОПЛЕНИЯ

Викладено удосконалений розрахунково-експериментальний підхід до аналізу процесів теплообміну в приміщеннях, що заснований на математичній моделі процесів теплообміну в приміщеннях з різними системами опалення та визначенні параметрів моделі шляхом розв'язку зворотних задач з використанням даних короткострокових експериментальних вимірів в окремих точках приміщень.

Изложен усовершенствованный расчетно-экспериментальный подход к анализу процессов теплообмена в помещениях, который основан на математической модели процессов теплообмена в помещениях с разными системами отопления и определении параметров модели путем решения обратных задач с использованием данных краткосрочных экспериментальных измерений в отдельных точках помещений.

The advanced calculation and experimental approach for the analysis of heat exchange processes in rooms is proposed. It is based on mathematical model of heat exchange processes in rooms with different systems of heating and definition of model parameters by the solving of inverse problems by use of the given short-term experimental measurements in separate points of rooms.

Введение

Для детального определения теплового состояния помещений и выработки рекомендаций по энергозатратам или улучшению комфортных условий возникает необходимость в моделировании процессов тепло- и массообмена для системы помещение – отопительный прибор – окружающая среда. Существует определенное количество моделей теплового состояния помещений различного уровня сложности и назначения. Однако в этих моделях присутствуют параметры, которые являются индивидуальными для каждого помещения и известны с недостаточной точностью.

В работе [1] также указывается на отличие экспериментальных и расчетных температур в помещении вследствие приближенности модели.

К параметрам, которые нуждаются в уточнении, авторы [2] относят воздухопроницаемость элементов ограждений помещения, а в [3] указывают на необходимость идентификации таких параметров модели как теплофизические характеристики материалов ограждающих конструкций.

Перечисленные параметры моделей являются

индивидуальными для каждого помещения и должны задаваться с достаточной точностью, если ставится цель проведения детального теплового анализа этого помещения или группы помещений.

Предлагается использовать расчетно-экспериментальный подход (РЭП) как способ анализа, оптимизации и прогнозирования исследуемых процессов тепломассообмена на основе компьютерной (расчетной) модели, адекватность которой обеспечивается путем параметрической или структурной идентификации с помощью экспериментальной информации об исследуемом процессе и решении обратных задач.

Цель работы – разработка усовершенствованной методики анализа тепловых режимов и теплопотерь существующих помещений с конвективной системой отопления на основе расчетно-экспериментального подхода, а также усовершенствованной модели анализа теплового режима электрокабельной системы отопления. Для достижения цели предлагается использовать расчетно-экспериментальный подход.

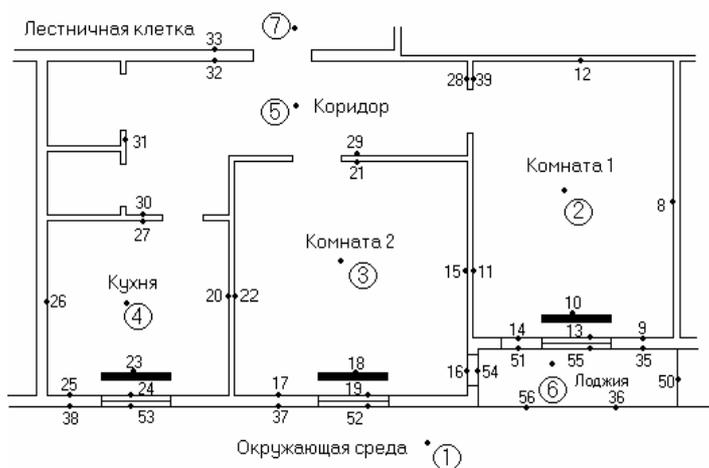


Рис. 1. Геометрическая модель типовой двухкомнатной квартиры. Номерами обозначены некоторые узлы тепловой модели.

Объект исследования

В качестве объекта выбрана типовая двухкомнатная квартира в здании старой застройки, расположенной на последнем этаже 9-ти этажного кирпичного здания в г. Киеве для проведения расчетного и экспериментального анализа теплового режима квартиры, сравнение полученных результатов с известными данными и выбора оптимальных методов снижения ее теплопотерь (рис. 1).

Более подробно геометрическая, физическая, математическая модели описаны в [4]. В модели введен изменяющийся по времени коэффициент кратности воздухообмена, в котором учтены инфильтрация и эксфильтрация воздуха через огра-

ждающие конструкции помещений. Для квартиры была проведена серия экспериментальных исследований, результаты которых использовались для идентификации параметров модели. Результаты решения обратных задач по методике последовательной идентификации приведены в таблице.

В таблице представлены базовые значения кратностей воздухообмена, коэффициенты увеличения задавались предварительно.

Результаты

На рис. 2 приведены расчетные значения температур в комнатах 1 и 2 для эксперимента, проведенного в марте 2000 года, полученные с уточненными параметрами модели. Рост температуры в комнате 2 объясняется ростом температуры наружного воздуха, а практически постоянная температура воздуха в комнате 1 наличием лоджии перед ней.

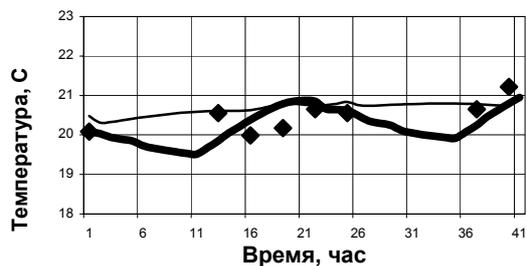
Меньшая амплитуда колебания температур в комнатах по сравнению с амплитудой колебания температуры окружающей среды объясняется теплоаккумулирующей способностью ограждающих конструкций.

Критерием адекватности модели служит уменьшение среднеквадратичного отклонения с 2,39 до 0,39 и, как следствие, совпадение расчетных данных с экспериментальными.

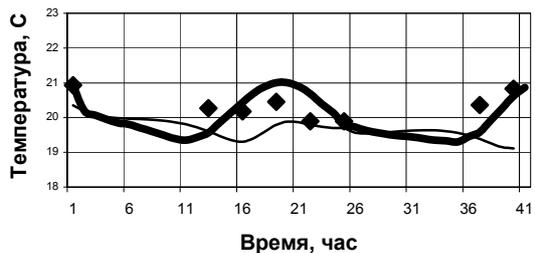
На рис. 3 приведено сравнение результатов расчетов и экспериментов, проведенных в марте 1999 года. Температура окружающей среды была примерно одинаковая и поэтому колебаний температуры воздуха внутри помещения практически

Т а б л и ц а . Значения параметров, найденные после решения обратных задач

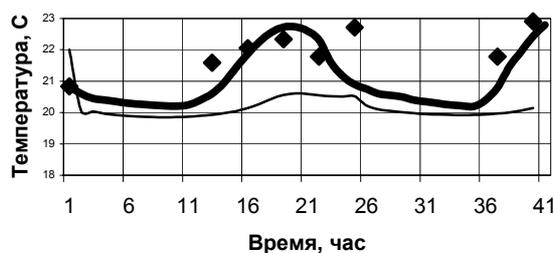
№	Название параметров	Начальное значение, известное из литературы	Значения параметров, найденные для эксперимента 1
1	Коэффициент теплопроводности потолочного перекрытия, Вт/(м·К)	0,488	0,68
2	Коэффициент теплопроводности наружной стены, Вт/(м·К)	0,76	1,06
3	Коэффициент кратности воздухообмена между комнатой 2 и окружающей средой	1	0,55
4	Коэффициент кратности воздухообмена между кухней и окружающей средой	1	0,8
5	Коэффициент кратности воздухообмена между лоджией и окружающей средой	1	1,1



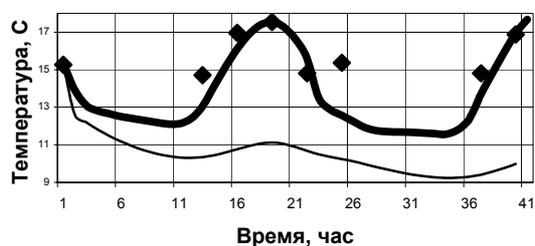
а)



б)



в)



г)

Рис. 2. Распределение температуры воздуха во времени в разных комнатах в марте 2000 г. (эксперимент 1). а - температура воздуха в комнате 1, б - температура воздуха в кухне, в - температура воздуха в комнате 2, г - температура воздуха в лоджии. Толстые кривые - расчетные значения после использования расчетно-экспериментального подхода, тонкие кривые - расчетные значения с использованием литературных данных; точки - экспериментальные данные.

нет. Среднеквадратичное отклонение уменьшается с 3,28 до 0,83.

Приведенные результаты, полученные с помощью расчетно-экспериментального подхода, как видим, более точно описывают тепловой режим рассмотренной квартиры. Показано удовлетворительное согласование температур в помещении, рассчитанных с помощью рассмотренной модели, и экспериментальных данных.

Полученные результаты температур использовались для определения теплотерь, анализа путей их снижения с теплотехнической и экономической точек зрения. Суммарные теплотери, определенные по литературным данным и с использованием расчетно-экспериментального подхода отличаются мало (на 7 %), по отдельным составляющим разница достаточно велика (например, 36 % через окна, 25 % воздухообменом по сравнению с литературными данными). И, следовательно, если мы определим необходимые параметры утепления по литературным данным, мы можем получить или недогрев помещения (если теплотери по литературным данным меньше, чем найденные после применения РЭП) или перерасход материала утеплителя (в обратном случае). Наибольшие теплотери квартиры приходятся на потолок и наибольшее уменьшение теплотерь дает также утепление потолка до нормативного уровня сопротивления теплопередачи, поскольку квартира находится на последнем этаже. Наименьший срок окупаемости, однако, имеет утепление стен из-за разницы площадей стен и потолка и толщины необходимой теплоизоляции, но учитывая небольшую разницу в сроках окупаемости между утеплением потолка и стен, для данной типовой двухкомнатной квартиры можно рекомендовать утепление потолка.

Выводы

1. Созданная, на основе разработанного метода, программа ТАВС (Thermal Analysis of Building Construction) позволяет выбирать оптимальные методы снижения теплотерь для существующих помещений и зданий

2. Проиллюстрирована необходимость использования РЭПа для повышения точности анализа теплового режима и теплотерь, что позволяет определять соответствующую стоимость необходимых технических решений по утеплению зданий. Использование же нормативных (литературных) значений различных параметров модели для рассмотренного в работе примера привело к значительным погрешностям при расчетном анализе тепловых режимов и теплотерь помещений.

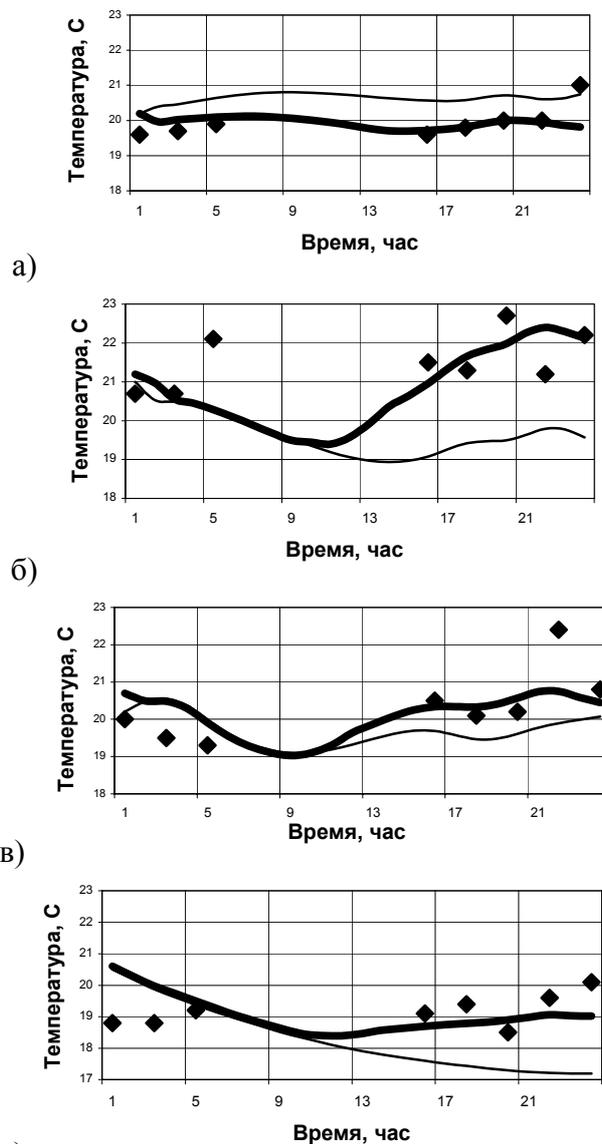


Рис. 3. Распределение температуры воздуха во времени в разных комнатах в марте 1999 г. (эксперимент 2). а - температура воздуха в комнате 1, б - температура воздуха в кухне, в - температура воздуха в комнате 2, г - температура воздуха в коридоре. Толстые кривые - расчетные значения после использования расчетно-экспериментального подхода, тонкие кривые - расчетные значения с использованием литературных данных; точки - экспериментальные данные.

ЛИТЕРАТУРА

1. Табунчиков Ю.А., Матросов Ю.А., Пунтилла А., Алиев Ф. "Программа расчета теплового режима помещений на ЭВМ "Теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий".- М., 1980.- 111 с.
2. Табунчиков Ю.А., Хромец Д.Ю., Матросов Ю.А. "Тепловая защита ограждающих конструкций зданий и сооружений".- М: Стройиздат, 1986.- 380 с.
3. Драгун В.Л., Филатов С.А., Шевцов В.Ф., Данилевский Л.Н., Леценко В.Г.. «Исследование теплотехнических характеристик жилых домов методами вычислительной ИК-термографии»// Тепло- и массообмен - 97, Минск.- 1997.- С. 165-175.
4. Круковский П.Г., Судак О.Ю. Расчетно-экспериментальный подход к анализу теплового состояния и теплопотерь помещений// Пром. теплотехника.- 2001.- Т 23.- № 6.- С. 136-142.

Получено 02.11.2004 г.