

механизмами туннелирования в случае конформера В с участием одного или двух гидроксильных волчков.

Список использованных источников

1. Ogden, J.S. The Characterisation of Molecular Boric Acid by Mass Spectrometry and Matrix Isolation Infrared Spectroscopy / J.S. Ogden, N.A. Young // J. Chem. Soc. Dalt. Trans. – 1988. – P. 1645–1652.
2. Cyvin, S.J. Spectroscopic Studies on X(YZ)₃ Type Molecules II. Application of Complex Symmetry Coordinates to Molecular Vibrations of Boric Acid with Symmetry C_{3h} / S.J. Cyvin, R.W. Mooney, J. Brunvoll, L.A. Kristiansen // Act. Chem. Scand. – 1965. – Vol. 19, iss. 5. – P. 1031–1038.
3. Neese, F. The ORCA quantum chemistry program package / F. Neese, F. Wennmohs, U. Becker, C. Riplinger / J. Chem. Phys. – 2020. – Vol. 152, iss. 22. – P. 152–155.
4. Pitsevich, G.A. Symmetry Properties, Tunneling Splittings of Some Vibrational Energy Levels and Torsional IR Spectra of the Trans – and Cis – Conformers of Hydroquinone Molecule / G.A. Pitsevich, A.E. Malevich // J. Mol. Spectr. – 2024. – Vol. 404, iss. 6. – P. 501–509.
5. Pitsevich, G.A. How Symmetry Helps to Improve the Estimation of the Hyperfine Splitting of Torsional Levels Due to Tunneling. The Case of the HSSSH Molecule / G.A. Pitsevich, A.E. Malevich, A.A. Kamnev // Spectrochim. Acta Part A. – 2025. – Vol. 2, iss. 3. – P. 327.
6. Pitsevich, G.A. Simple Method of the Formation of the Hamiltonian Matrix for Some Schrödinger Equations Describing the Molecules with Large Amplitude Motions / G.A. Pitsevich, A.E. Malevich // Optics and Photonic Journal. – 2012. – Vol. 4, iss. 2. – P. 322–337.

УДК 004.942

С.Р. Бондарь, А.С. Пилипейко

Мозырский государственный педагогический университет имени И.П. Шамякина

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛА В ПАКЕТЕ PDE TOOLBOX MATLAB

Выполнено компьютерное моделирование распределения температуры в кирпичном помещении, состоящем из двух комнат в которых работают два компьютера, сервер и кондиционер с использованием пакета PDE Toolbox.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, графический интерфейс, matlab, параболическое уравнение, граничные условия.

Параболические уравнения – класс дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих нестационарные процессы.

Нахождение решения задач с уравнением параболического типа рассматривается совокупность краевых и начальных условий. Так как по времени уравнение имеет первый порядок, то накладывается одно начальное условие на искомую функцию.

Для численного решения параболических уравнений используют метод конечных элементов, метод конечных разностей, метод конечных объемов, а также их комбинации и другие численные методы, подходящие под решаемую задачу [1].

Примеры уравнений параболического типа:

- уравнения описывающие процессы конвекции и диффузии, в том числе уравнение диффузии и его частный случай – уравнение теплопроводности;
- система уравнений Навье-Стокса, описывающее движение жидкости и газов, является системой параболических уравнений с дивергентными ограничениями;
- для некоторых типов сред из уравнений Максвелла можно получить параболические уравнения относительно векторов A или E .

В настоящее время практически в любой сфере профессиональной деятельности используются компьютерная и оргтехника, поэтому одной из актуальных задач является обеспечение условий для нормального функционирования данных устройств.

Оптимальная температура для помещений, в которых работают компьютеры: 17–20°C, однако допустимым является также диапазон при эксплуатации: от +15 до +32°C.

Если температура в помещении, где эксплуатируется сервер, выше 28°C, то в корпусе сервера она приблизится к 50°C. Для большинства современных микросхем критичной считается температура в 71°C, и, если в помещении отсутствует вытяжная и приточная вентиляция, порог в 71°C будет быстро достигнут.

Конечно, микросхемы не выйдут из строя, сработают всяческие защиты, но на деле мы получим либо существенное замедление работы, либо экстренное выключение оборудования.

Задача с уравнением параболического типа представлена задачей о нестационарном распределении температуры в рабочем кирпичном помещении, состоящем из двух комнат, соединенных коридором. Стены одной комнаты теплоизолированы и в ней находятся два рабочих компьютера, на одной из стен установлен кондиционер, который охлаждает воздух согласно линейному закону $-2 \cdot t$, два компьютера выделяют тепло 35°C. В соседней комнате расположен сервер, который выделяет температуру 50°C. Температура внешней среды 25°C. Начальная внутренняя температура 25°C. Найти распределение температуры $T(t)$ в области.

Решение задачи начинается с установки вида расчета «Heat Transfer» и проектирования помещения серверной комнаты и находящейся в ней техники (рисунок 1).

При рисовании программа дает каждой области индивидуальное наименование, в данном случае таких областей здесь семь, и они получили названия: R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7. В строке Set Formula можно исключить какое-либо множество из расчета, но для данном случае в строке Set Formula будет запись: $R2+R3-R7+R1-R4-R5-R6$. В результате в рабочей области получим необходимый нам вид сечения проводника (рисунок 1).

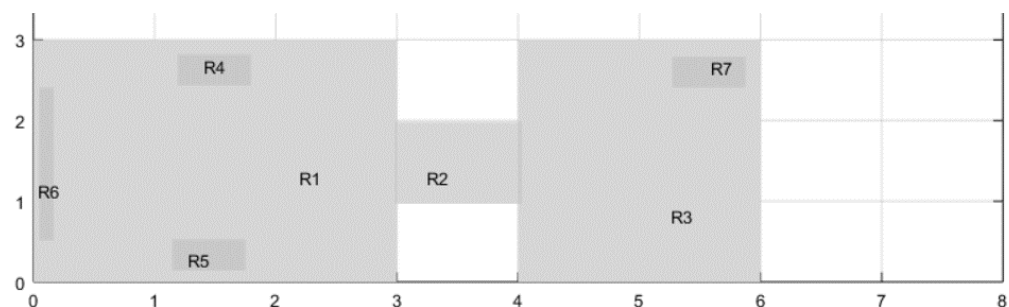
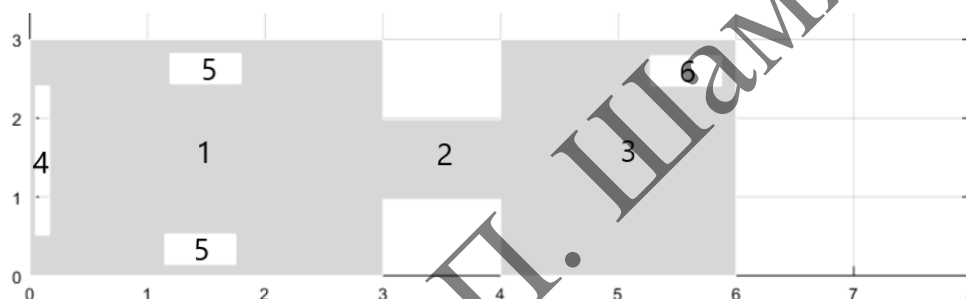


Рисунок 1 – Вид помещения в рабочей области

Далее определяются граничные условия на каждом участке. Для этого в группе команд Boundary, активируется режим Boundary Mode. После в рабочей области появится изображение помещений, поделенных на сегменты (рисунок 2) для которых необходимо задавать граничные условия [2].



1 – первая комната с теплоизолированными стенами, 2 – коридор, 3 – вторая комната,
4 – кондиционер, 5 – компьютер, 6 – сервер

Рисунок 2 – Вид помещения в рабочей области

Для помещения с теплоизолированными стенами задаются нулевые краевые условия Неймана. Для оборудования устанавливаются граничные условия Дирихле с температурами, которые заданы в условиях задачи. После этого определяется вид дифференциального уравнения и указываются все его коэффициенты в группе команд PDE Specification (рисунок 3).

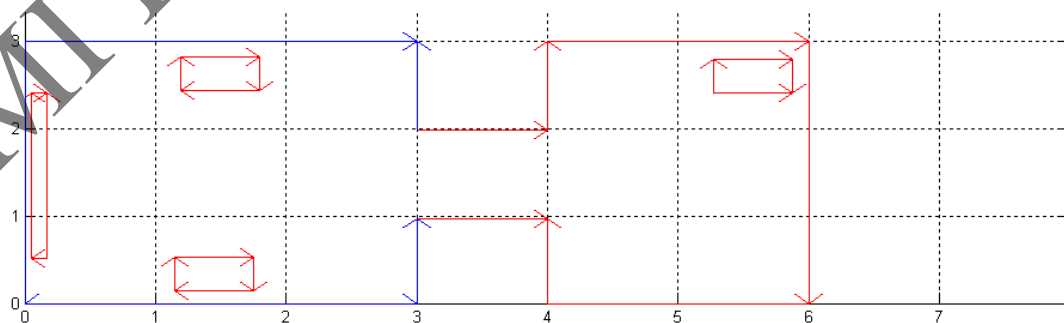


Рисунок 3 – Выделение границы для задания краевых условий

После определения всех необходимых условий и коэффициентов выполняется триангуляция расчетной области (рисунки 4, 5).

PDE Specification

Equation: $\rho \cdot C \cdot T - \text{div}(k \cdot \text{grad}(T)) = Q + h \cdot (T_{\text{ext}} - T)$, T=temperature

Type of PDE:	Coefficient	Value	Description
<input type="radio"/> Elliptic	ρ	1.225	Density
<input checked="" type="radio"/> Parabolic	C	0.0717	Heat capacity
<input type="radio"/> Hyperbolic	k	50	Coeff. of heat conduction
<input type="radio"/> Eigenmodes	Q	0	Heat source
	h	100	Convective heat transfer coeff.
	Text	25	External temperature

OK Cancel

Рисунок 4 – Задание типа уравнения и его коэффициентов для комнаты с сервером

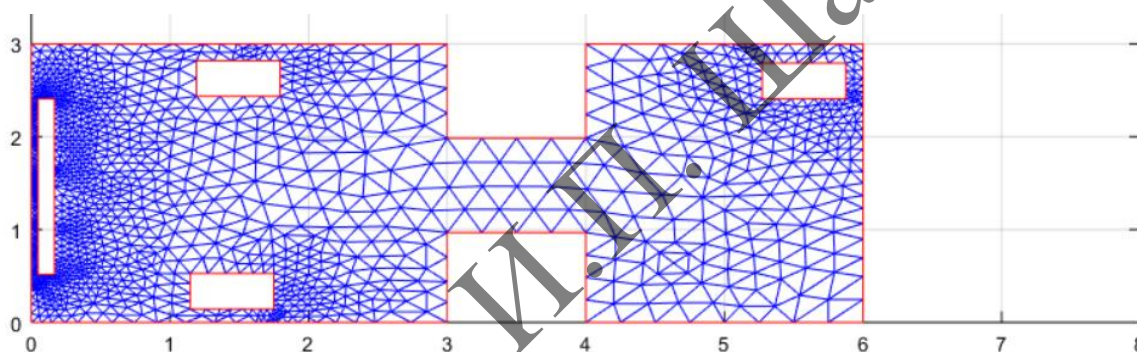


Рисунок 5 – Построение сетки на исследуемой области

Для получения решения активируется команда Solve PDE в группе команд Solve, полученное в результате решение представлено на рисунке 6.

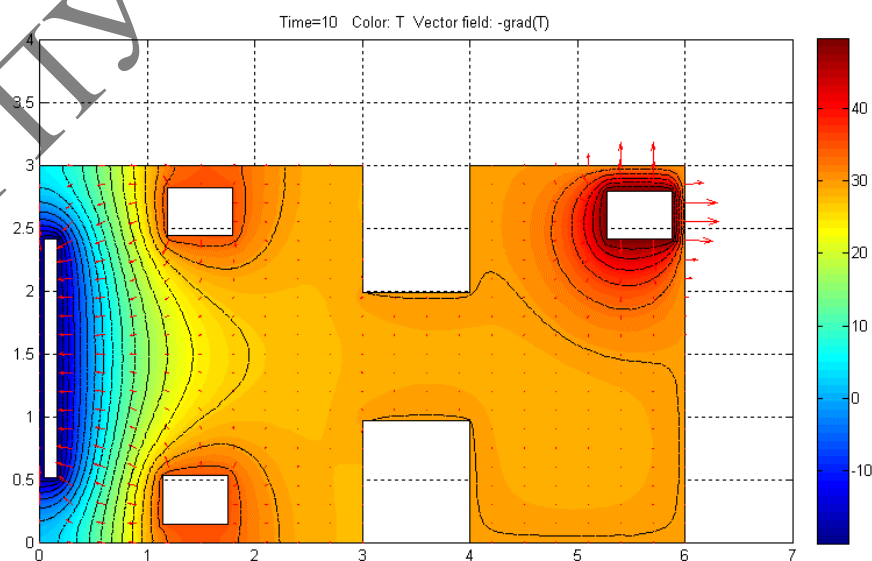


Рисунок 6 – Вид двухмерного решения

PDE Toolbox предоставляет в распоряжение пользователя около пятидесяти функций, предназначенных для реализации этапов решения задачи от задания геометрии области до визуализации результата. Графический интерфейс пакета дает возможно работать с двухмерной моделью без особых знаний в программировании.

Использование программы PDE Toolbox для решения физических задачи методом конечных элементов оправдано, так как при минимальных затратах времени и неглубоких знаниях в программировании можно получить точное решение поставленных задач.

Список использованных источников

1. Ануфриев, И.Е. MATLAB 7 / И.Е. Ануфриев, А.Б. Смирнов, Е.Н. Смирнова. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 1104 с.
2. Дьяконов, В.П. MATLAB. Полный самоучитель / В.П. Дьяконов. – М. : ДМК Пресс, 2012. – 768 с.

УДК 612.13+519.6+004.921

М.В. Гольцев, В.А. Мансуров, Л.Д. Рагунович, Н.А. Трушель

Белорусский государственный медицинский университет

ДЕФОРМАЦИЯ СОСУДИСТОЙ СТЕНКИ В МЕСТЕ СЛИЯНИЯ ПОЗВОНОЧНЫХ АРТЕРИЙ В БАЗИЛЯРНУЮ

Посредством численного моделирования взаимодействия упругой стенки сосуда с потоком вязкой жидкости исследованы картины течения и напряжено-деформированного состояния стенки сосуда в месте слияния позвоночных артерий в базилярную для установления морфологических предпосылок развития цереброваскулярной патологии.

Ключевые слова: численное моделирование, изотропное упругое тело, напряженно-деформированное состояние, взаимодействие жидкости и упругой среды, позвоночные артерии, базилярная артерия.

Введение. В последние годы интерес к исследованиям в области математического моделирования кровотока в артериях головного мозга постоянно растет. Вероятно, это можно связать с постоянным ростом сердечно-сосудистых заболеваний [1–3]. Следует отметить, что сосудистая система имеет несколько особенностей, которые затрудняют моделирование ее механики: сложная анатомия, кровеносные сосуды, как правило, эластичные, а кровь представляет собой гетерогенную жидкость. Артерии ветвятся в преимущественно древовидной структуре [4–6].