

ПРОГРАММИРОВАНИЕ РЕШЕНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ УСТРОЙСТВА ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРА В СИСТЕМЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ OpenFOAM

К. т. н. В. Е. Трофимов, к. т. н. А. Л. Павлов

Одесский национальный политехнический университет
Украина, г. Одесса
vovic@ukr.net

Рассмотрено решение задачи определения зависимости давления жидкости от ее расхода для обоснованного выбора насоса при проектировании устройства жидкостного охлаждения электронного прибора на основе использования программных средств системы математического моделирования OpenFOAM применительно к решению нестационарных трехмерных уравнений неразрывности и Навье — Стокса.

Ключевые слова: жидкостное охлаждение РЭА, компьютерное моделирование, программирование.

При проектировании электронных приборов необходимость решения гидродинамической задачи возникает в том случае, когда для обеспечения заданного теплового режима электронные компоненты требуют применения принудительного жидкостного охлаждения, реализованного в виде жидкостных охладителей той или иной конструкции. Для разработчика электронных приборов конечным результатом решения такой задачи является не столько оценка характера, скорости течения и расхода жидкости в охладителе, сколько выбор насоса, способного обеспечить эти параметры с заданными количественными значениями. Выбрать параметры насоса не составляет труда, когда известна гидродинамическая характеристика охладителя, т. е. зависимость расхода жидкости через охладитель от избыточного давления жидкости на его входе. Тенденция к усложнению конструкций охладителей за счет реализации в них нетрадиционных форм течения жидкости [1—3] приводит к невозможности определить эту зависимость известными аналитическими, эмпирическими и полуэмпирическими методами [4] и требует применения иных средств, в частности компьютерного моделирования.

В докладе на достаточно простом примере проектирования охладителя для микропроцессора поколения Intel Core i7, показанного на рис. 1, подробно рассмотрены этапы решения указанной задачи программными средствами системы математического моделирования OpenFOAM [5].

Разработана файловая система задачи в синтаксисе языка C++, основанная на использовании решателя isoFoam для системы нестационарных трехмерных уравнений неразрывности и Навье — Стокса при течении несжимаемой жидкости в канале произвольной формы (рис. 2).

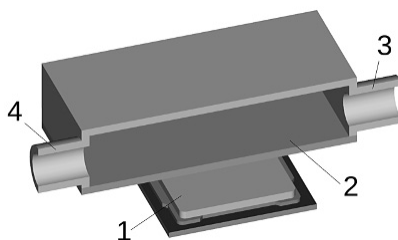


Рис. 1. Охладитель микропроцессора, $\frac{1}{2}$ симметричная часть:
1 — микропроцессор; 2 — теплопроводное основание охладителя в контакте с микропроцессором; 3, 4 — входной и выходной патрубки крышки охладителя соответственно

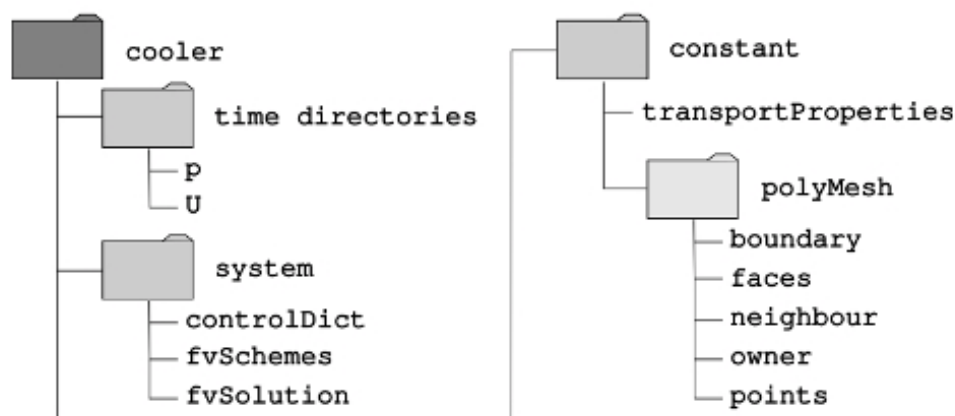


Рис. 2. Файловая система задачи

В качестве исходных данных использовалась мешированная тетраэдрическими конечными элементами 3D геометрическая модель проточного объема охладителя в формате UNV. Модель конвертировалась в классы и объекты OpenFOAM с сохранением в файлах и каталогах файловой системы задачи. В файлах *p* и *U* задавались начальные значения полей давления и скорости. В файле *boundary* задавались граничные условия, а в файле *transportProperties* физические свойства жидкости. Результаты решения сохранялись в каталоге *time directories* в виде массива подкаталогов, содержащих значения давления и скорости на каждом временном интервале. Содержимое файла *controlDict* использовалось для управления счетом и контролем числа Куранта.

Представленный метод решения гидродинамической задачи с успехом использовался авторами при проектировании ряда достаточно сложных конструкций жидкостных охладителей электронных приборов и показал хорошее совпадение результатов с экспериментальными данными [1—3].

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Трофимов В.Е., Павлов А.Л. Анимация взаимодействия встречных струй в радиаторе для жидкостного охлаждения микропроцессора // Труды XV МНПК «Современные информационные и электронные технологии». — Украина, Одесса. — 2014. — С. 26—27.
2. Трофимов В.Е., Павлов А.Л., Жмуд Е.В. Визуализация взаимодействия струи с тупиковой полостью радиатора для жидкостного охлаждения микропроцессора // Труды XVI МНПК «Современные информационные и электронные технологии». — Украина, Одесса. — 2015. — С. 160—161.
3. Трофимов В.Е., Павлов А.Л. Интенсификация теплопередачи в жидкостных теплообменниках с кавернаштыревым оребрением // Технологии и конструирование в электронной аппаратуре. — 2016. — № 1. — С. 23—26. — <http://dx.doi.org/10.15222/ТКЕА2016.1.23>
4. Спокойный Ю.Е., Трофимов В.Е., Гидалевич В.Б. Тепломассообмен в РЭА. Сборник задач. — Киев, Одесса: Лыбидь, 1991.
5. OpenFOAM. The open source CFD toolbox [Electronic resource]. <http://www.openfoam.com>.

V. E. Trofimov, A. L. Pavlov

Programming of the hydrodynamic problem solution in cooler design for electronic devices using OpenFOAM mathematical modeling system software tools

The authors consider the problem of determining the dependence of the liquid pressure on its flow rate, in order to make a sound choice of the pump when designing a liquid cooler for an electronic device. The proposed approach is based on the OpenFOAM mathematical modeling system software tools applied to solving non-stationary three-dimensional continuity and Navier-Stokes equations.

Keywords: liquid cooling, electronic device, numerical simulation, programming.