

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ В СЕРВЕРНОМ ЯЩИКЕ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

асп. Али М. Абед Аль-Зобайде

УО «Белорусский национальный технический университет», Минск

Конечно-элементное моделирование - один из наиболее эффективных методов численного исследования сложных физических процессов и находит все более широкое применение для исследования воздушных потоков в замкнутых объемах. Достоинство численного моделирования особенно ощутимы, когда проведение реального эксперимента требует большого количества замеров, которые в свою очередь вносят изменение в исследуемый процесс или весьма затруднительны.

Метод конечных элементов представляет собой известный численный метод решения системы дифференциальных уравнений, описывающих большинство физических процессов, в т.ч. - процесс переноса тепла. Основная идея применения МКЭ заключается в том, что непрерывная величина, температура, аппроксимируется дискретной моделью, состоящей из множества кусочно-непрерывных функций, определенных на конечном числе элементарных областей, на которые разбивается исследуемая область (поверхность или пространство). Сами кусочно-непрерывные функции определяются с помощью значений непрерывной величины в конечном числе точек рассматриваемой области [1-3].

Выбор МКЭ обусловлен следующим: во-первых, метод можно применять при исследовании неоднородных тел, во-вторых, метод позволяет описывать как прямолинейные области, так и криволинейные; в-третьих, размеры элементов могут быть переменными (вблизи неоднородностей для более точной аппроксимации сеть разбиения исследуемой области делается мельче); в-четвертых, этот метод позволяет решать задачи со смешанными граничными условиями. Главным недостатком МКЭ длительное время являлась необходимость разработки вычислительных программ и применение ЭВМ. В настоящее время эта проблема решена. Создано достаточно большое количество программных комплексов, позволяющих проводить расчеты методом конечных элементов.

Для решения задачи необходимо построить трехмерную модель, а затем осуществить генерацию сеточной конечно-элементной модели. Генерация сеточной модели предусматривает создание конечно-элементной сетки, отражающей геометрию изделия и наложения граничных условий, определяющих содержание физической задачи. Поскольку Solid Works simulation ориентирован на решение физических задач в объемной постановке, то рациональным решением по описано геометрии анализируемой детали является тетраэдральный конечный элемент.

Тетраэдральная сетка позволяет достаточно точно аппроксимировать любую геометрию изделия и поэтому используется для объемного анализа на основе метода конечных элементов. Возможности препроцессора Solid Works позволяют строить сетки из тетраэдральных конечных элементов двух типов - четырехузловых тетраэдров и десятиузловых тетраэдров. Четырехузловые элементы обеспечивают линейную аппроксимацию искомой функции, в частности температуры, в пределах объема конечного элемента

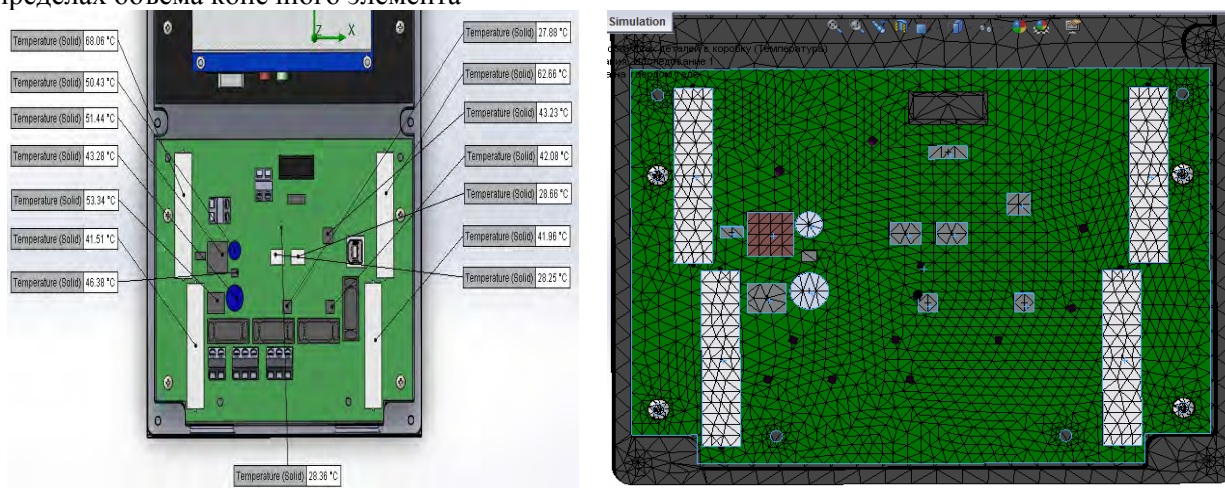


Рисунок 1. – Твердотельная (а) и конечно-элементная (б) модели построенные в системе SolidWorks.

Одним из основных этапов создания конечно-элементной модели является задание аутентичных свойств материала. Модель по своей структуре неоднородна, и разным ее элементам соответствуют различные материалы.

Все свойства выбранного материала соответствуют реальному нагревающему элементу, сделанному из керамики. Также задавались материалы алюминий (конденсаторы), кремний (микрочипы), РСВ слой для платы.

После определения материала по каждому выбранному элементу необходимо задать расчетную температуру деталей. Расчетная температура будет такой же, как и рабочая. Модель должна соответствовать оригиналу, поэтому температуры будут одинаковы (таблица 1)

Таблица 1 Материалы и температуры деталей

| Количество деталей | Название    | Материал | Расчетная температура °С                        |
|--------------------|-------------|----------|---|
| 2                  | Конденсатор | Алюминий | 43.28;50.43                                     |
| 7                  | Чип         | Кремний  | 53.34; 51.44; 46.38; 28.66; 28.25; 43.23; 42.08 |
| 1                  | Плата       | РСВ слой | 28.36   |
| 4                  | Нагреватель | Керамика | 41.51; 68.06; 62.66; 41.96                      |

Как только материалы определены и заданы все температуры, возможен расчет конвективного теплообмена в серверном ящике при различных температурах окружающей среды.

В данном случае выбран стационарный процесс, соответствующий реальным условиям работы серверного ящика при температура внешней среды равной 20°С.

На рисунке 2. показано распределение поля температур и направления воздушных потоков. На рисунках 3 показано температурное поле на плате, смонтированной в серверном ящике. На рисунке 4 показано распределение температур в произвольном сечении серверного ящика.

Основными тепловыделяющими элементами являются 4 керамических элемента (на рисунке 3 показаны под цифрами 1-4), выделяющие по 10 Вт тепла каждый. Элементы охлаждаются потоками воздуха со скоростью до 1 м/с.

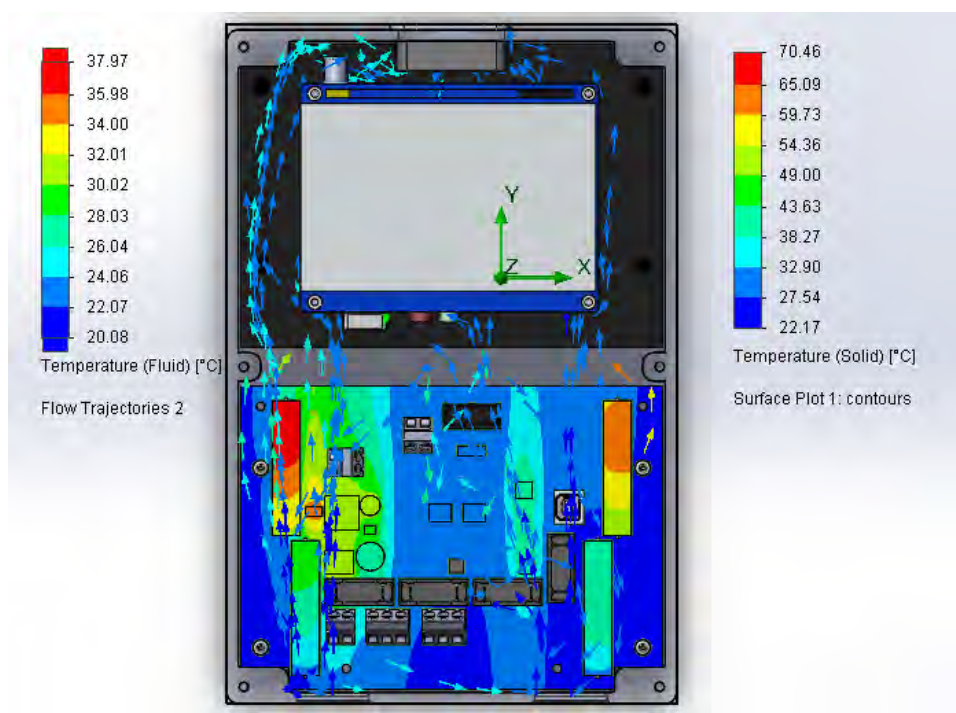


Рис. 2. – Распределение поля температур и направления потоков воздуха при температуре окружающей среды 20°С.

Максимальная температура нагревающего элемента составляет 68 °С, при этом максимально допустимая температура 75 °С. Расчетная температура меньше максимально допустимой на 7 °С. Основные тепловыделяющие элементы - керамические нагреватели. В результате расчета получена их максимальная температура (68 °С), температура потоков воздуха увеличивается с 20 до +35 °С. На керамических элементах температура изменяется : 1) от 22, до +45 °С; 2) от 22, до 40 °С; 3) от 49, до 68 °С; 4) от 47, до 60 °С)

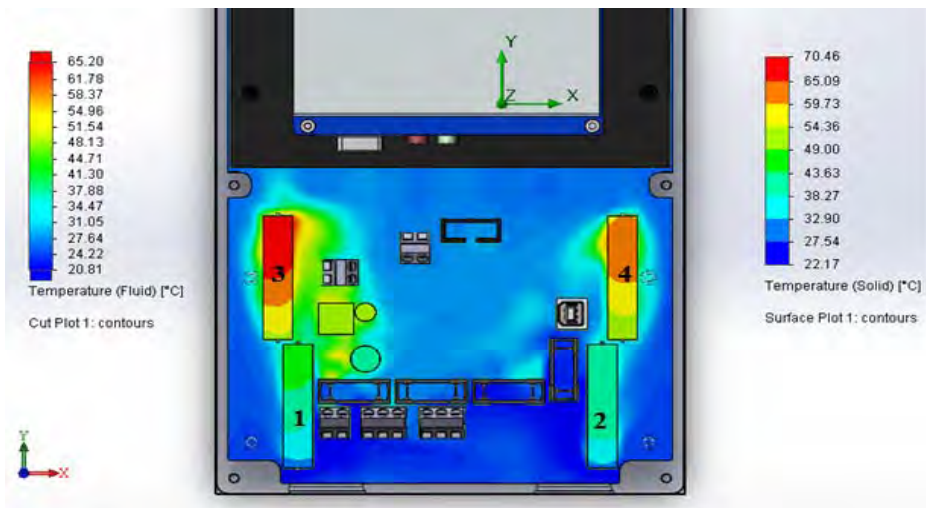


Рисунок 3. – Распределение поля температур на плате, находящейся в серверном ящике.

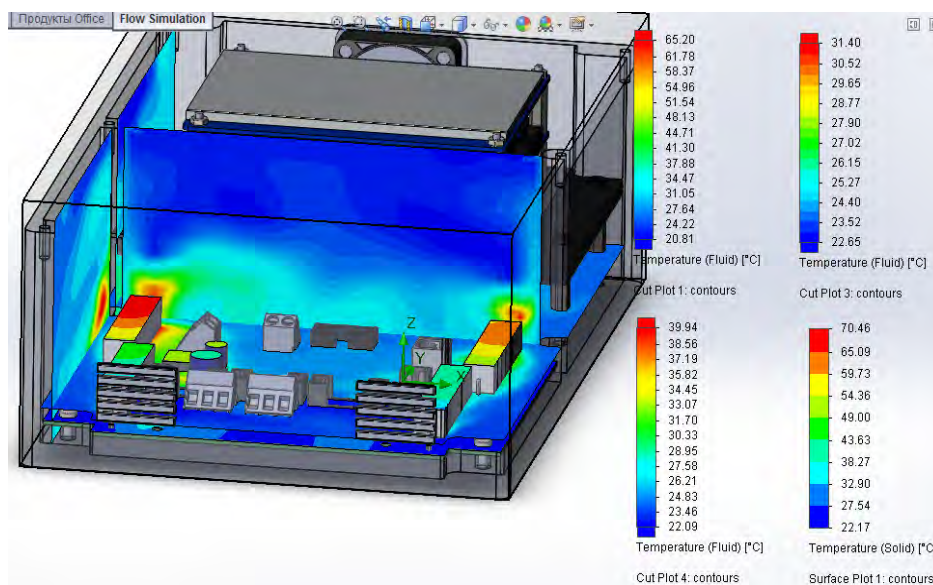


Рисунок 4. – Распределение поля температур в серверном ящике.

### РЕЗЮМЕ

Таким образом, с помощью программного модуля конечно-элементного моделирования в системе SolidWorks получено графическое представление температурного поля при стационарной теплопроводности внутри серверного ящика. Установлено, что система охлаждения тепловыделяющих элементов ящика обеспечивает охлаждение элементов, смонтированных внутри, но при повышении температуры окружающей среды данной системы охлаждения будет недостаточно.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Сегелинд Л. Применение метод конечных элементов: пер. с англ. / Под ред. д-ра физ. – мат. наук Б.Е. Победри. – М.: Мир, 1979.
2. Joseph E. Flaherty. Finite Element Analysis / Lecture Notes. – Rensselaer Polytechnic Institut Troy, New York, 2000.
3. Розин Л.А. Основы метода конечных элементов в теории упругости / Л.А. Розин. - Л.: 1972. - 79 с.

### SUMMARY

Thus, with the help of the software module of finite element modeling in Solid Works received a graphical representation of the temperature field in steady heat conduction inside the server box. Found that the fuel cell cooling system provides cooling box elements mounted inside, but at higher ambient temperatures of the cooling system is insufficient.

Поступила в редакцию 14.08.2013