

## АППРОКСИМАЦИЯ СВОБОДНОЙ И ВЫНУЖДЕННОЙ КОНВЕКЦИИ В КОРПУСЕ СРЕДСТВАМИ COMSOL MULTIPHYSICS

Таратута А.Г.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Алексеев В.Ф. – канд.техн.наук, доцент

Если мы имеем дело с конвекцией в полностью закрытом корпусе, то ни одно соотношение, характерное для задач с наличием бесконечного внешнего объема жидкости (воздуха), когда отводимое от поверхности тепло не изменяет температуру этого пространства и она известна, не подходит. В данном случае необходимо перейти к другому типу моделирования.

Рассмотрим заполненную воздухом прямоугольную полость. Если эта полость нагревается с одной из вертикальных сторон и охлаждается с другой, то будет происходить регулярная циркуляция воздуха. Точно так же воздух будет циркулировать, если полость нагревается снизу и охлаждается сверху. Эти случаи показаны на рисунке 1, они были получены путем определения распределения температуры и воздушного потока.

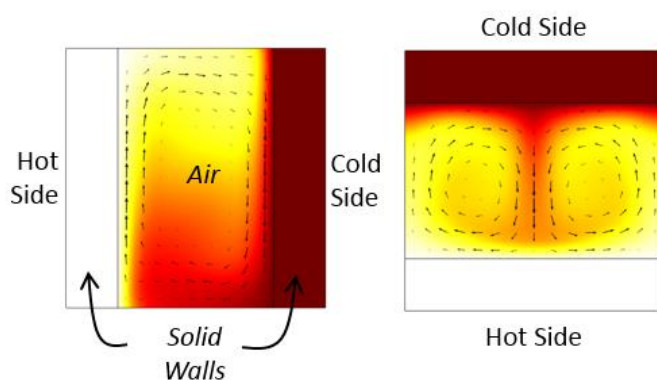


Рисунок 1 – Свободные конвективные потоки в вертикально и горизонтально выровненных прямоугольных полостях

Решение задач свободных конвективных течений довольно сложно, но есть более простая альтернатива. В модуле *Heat Transfer* есть возможность использовать эквивалентную проводимость для функции конвекции (*Equivalent conductivity for convection*). При использовании этой функции эффективная теплопроводность воздуха увеличивается на основе корреляций для случаев горизонтальной и вертикальной прямоугольной полости, как показано на рисунке 2.

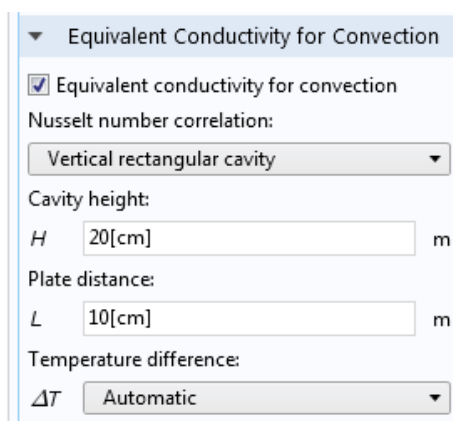


Рисунок 2 – Эквивалентная проводимость для функции и настроек конвекции

Воздушное пространство всё еще моделируется с использованием функции *Fluid* в интерфейсе *Heat Transfer*, но поля воздушного потока не рассчитываются, а слагаемым скорости просто пренебрегают. Теплопроводность увеличивается эмпирическим коэффициентом корреляции, который зависит от размеров полости и изменения температуры в ней. Размеры полости должны быть введены, но программное обеспечение может автоматически определять и обновлять разницу температур в полости.

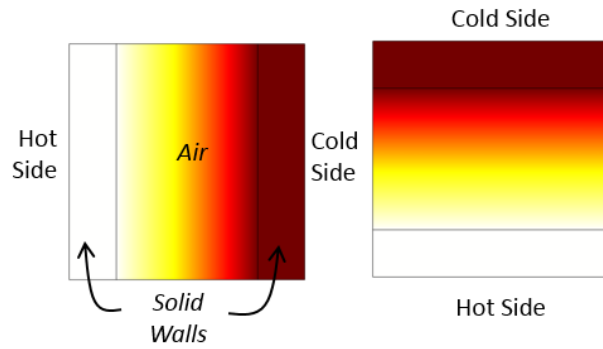


Рисунок 3 - Распределение температуры в вертикально и горизонтально выровненных полостях с использованием функции эквивалентной проводимости для конвекции

Такой подход для аппроксимации свободной конвекции в полностью закрытой полости требует от нас создания сетки воздушного пространства и определения температурного поля в воздухе, но это обычно добавляет лишь небольшие вычислительные затраты. Недостатком этого подхода является то, что он не очень применим для непрямоугольных геометрий.

Далее рассмотрим полностью герметичный корпус, но с вентилятором внутри, который активно смешивает воздух. Можно разумно предположить, что хорошо перемешанный воздух имеет постоянную температуру по всей полости. В этом случае целесообразно использовать функцию *Isothermal Domain*, которая доступна в модуле *Heat Transfer*.

Хорошо перемешанный воздух может быть смоделирован с использованием функции *Isothermal Domain*. В модели температура всего домена является постоянной величиной. Температура воздуха рассчитывается на основе баланса тепла, входящего и выходящего из домена через границы. Границы изотермического домена могут быть установлены одним из следующих параметров:

- теплоизолированные: нет теплообмена через границу;
- непрерывные: непрерывность температуры через границу;
- вентиляция: известный массовый поток жидкости с известной температурой в изотермическую область или из нее;
- конвективный тепловой поток: пользовательский коэффициент теплопередачи, описанный ранее;
- термоконттакт: удельное тепловое сопротивление.

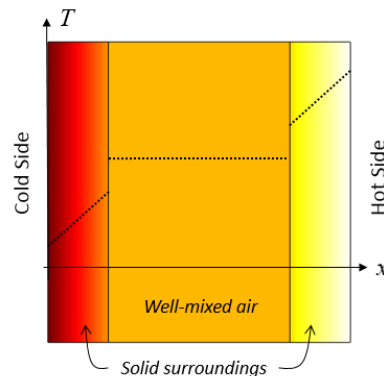


Рисунок 4 – Результаты при использовании функции *Isothermal Domain*

Из всех этих вариантов граничных условий конвективный тепловой поток является наиболее подходящим для хорошо перемешанного воздуха в закрытой полости [1].

**Список использованных источников:**

1. Modeling Natural and Forced Convection in COMSOL Multiphysics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.comsol.com/blogs/modeling-natural-and-forced-convection-in-comsol-multiphysics/>. Дата доступа: 10.04.2020.