

Пример расчета рабочего режима воздухонагревателя.

Рассматривалась задача о нагреве воздуха в воздухонагревателе с характеристиками, близкими к воздухонагревателю ВЭ-15-01.

Решалась задача о сопряженном теплообмене в трех средах (материал трубки, материал ребра и воздух).

В качестве материала трубки бралась сталь (плотность $\rho = 7800$ кг/м³, теплопроводность $\lambda = 43$ Вт/м К, теплоемкость $C = 473$ Дж/кг К), материал оребрения – алюминий (плотность $\rho = 2702$ кг/м³, теплопроводность $\lambda = 237$ Вт/м К, теплоемкость $C = 903$ Дж/кг К).

Воздух рассматривался в приближении идеального газа с коэффициентом вязкости, имеющим температурную зависимость по закону Сёзерленда.

Для воздуха решались уравнение энергии и турбулентные уравнения Навье-Стокса, для замыкания которых использовалась двухпараметрическая дифференциальная $k-\varepsilon$ модель турбулентности в низкорейнольдсовой модификации. Для металлов решалось уравнение теплопроводности.

Исходя из геометрии воздухонагревателя, в качестве расчетной области был выбран сегмент центрального ряда нагревателей, включающий в себя два периодически повторяющихся элемента (рис. 1).

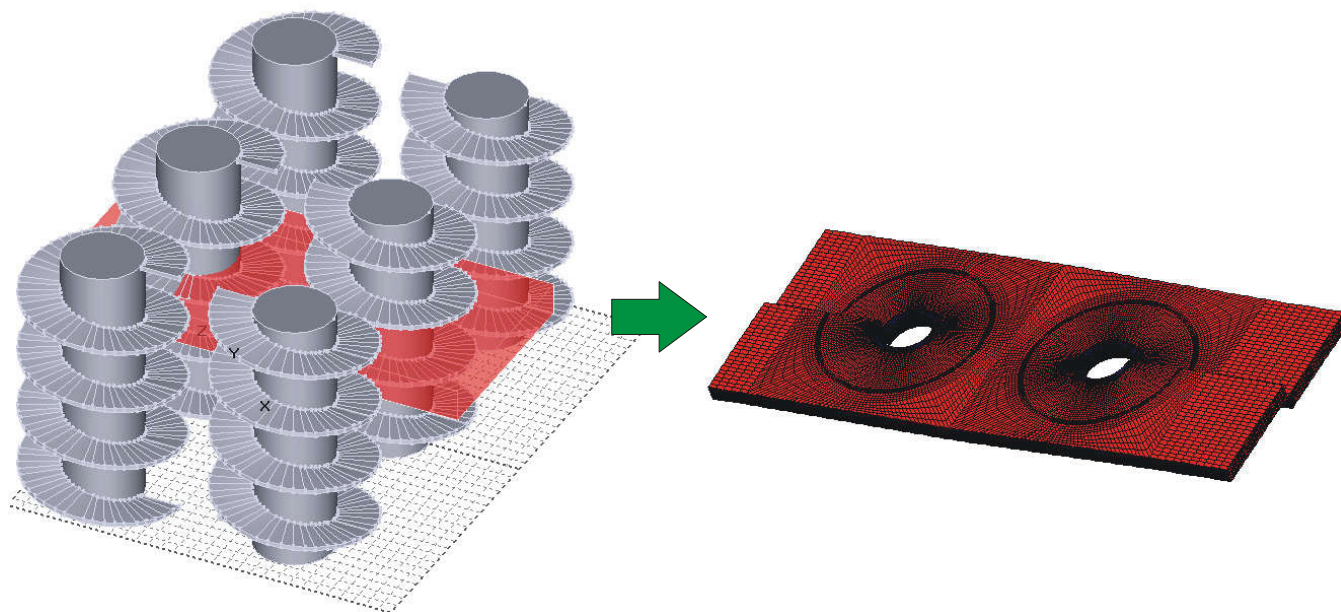


Рис. 1: Расчетная сетка

На боковые грани расчетной области накладывались периодические граничные условия (соответствующие многократному повторению геометрии расчетной области в данных направлениях), на верхнюю и нижнюю грани накладывались условия симметрии (соответствующие наличию верхнего и нижнего рядов нагревателей).

На торцы расчетной области накладывались условия входящего и выходящего потоков (величина скорости входящего потока $u = q/S$, где q - расход воздуха на рабочем режиме, S - площадь входного сечения нагревателя, температура и давление на входе соответствовали нормальным условиям).

На границе соответствующей поверхности металла ставилось условие теплового потока ($Q=W/S_0$, где W - мощность нагревательного элемента, S_0 - площадь внутренней поверхности трубки). Расчет проводился на структурированной гексаидальной сетке с общим числом ячеек $N = 638880$.

Из результатов расчетов видно, что более высокий нагрев имеет место на нагревательном элементе, расположенном вниз по потоку.

Это связано с обдувом данного элемента потоком воздуха, нагретым элементом, расположенным вверх по потоку.

На рис. 2 показано поле температуры в расчетной области, наблюдаемые зоны повышенной температуры в потоке обусловлены появлением отрывных зон, которые чётко видны на картине поля скорости (рис. 3).

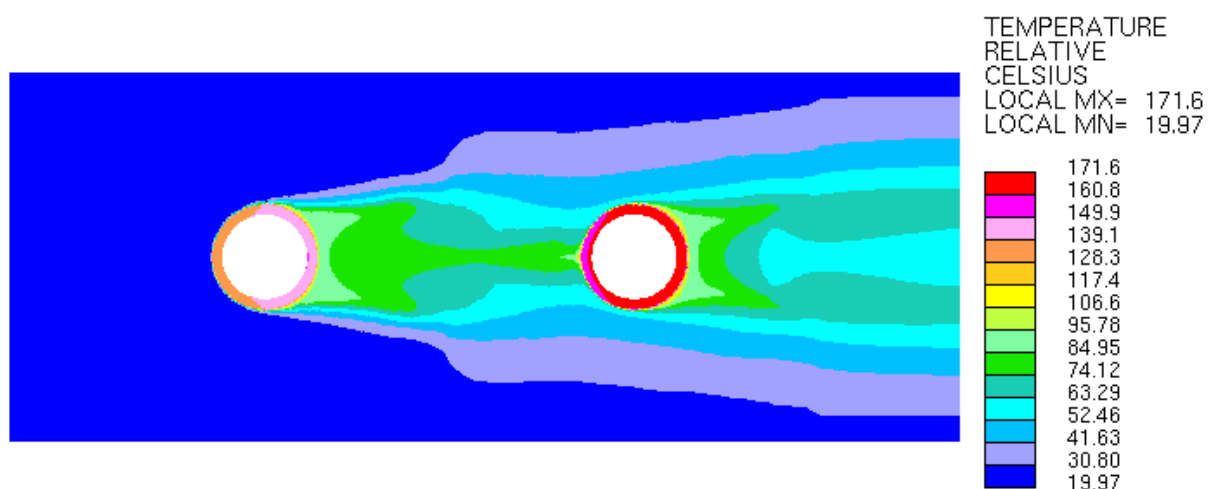


Рис. 2: Поле температуры

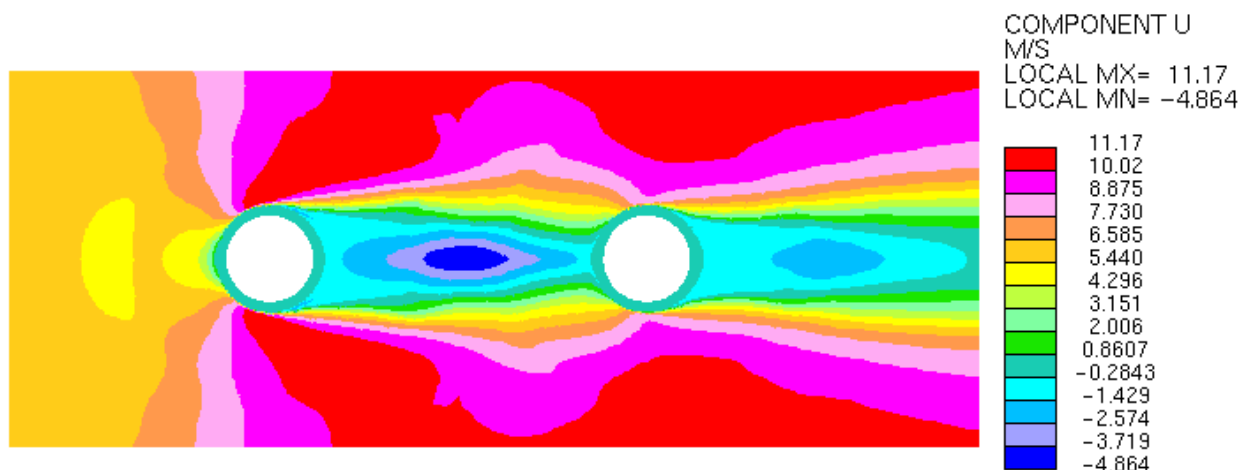


Рис. 3: Поле скорости

На рис. 4 приведено распределение температуры по металлу нагревательного элемента. Видно, что максимальная температура обрешетки не превышает 170°C .

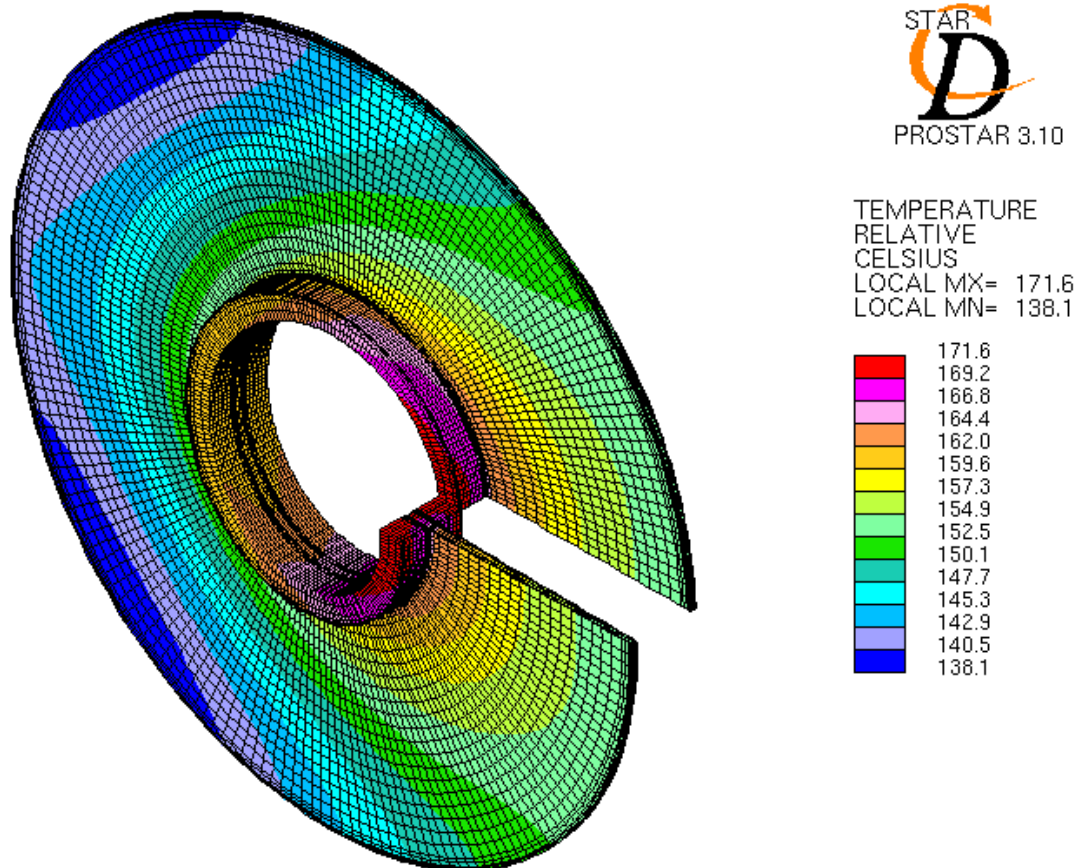


Рис. 4: Распределение температуры в металле

Таким образом, используемая расчетная методика позволяет получить полный набор параметров, определяющий режим работы воздухонагревателя.