

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВУХФАЗНОГО ТЕЧЕНИЯ В ПАРООХЛАДИТЕЛЕ

Объектом исследования в данной работе является пароохладитель — устройство, предназначенное для ограничения колебаний температуры пара [1]. В этом устройстве в канал с перегретым паром через впрыскивающую трубку подается вода, что приводит к охлаждению пара. Чертеж исследуемого пароохладителя приведен на рис. 1А.

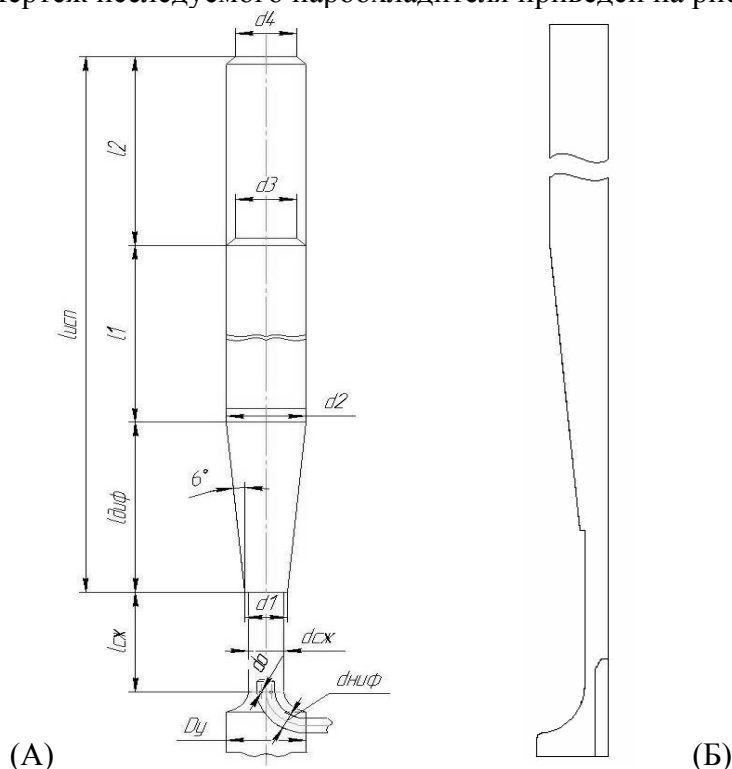


Рис. 1

Цель работы — построить на базе гидродинамического пакета ANSYS-CFX упрощенную численную модель пароохладителя, провести исследование сходимости по сетке, а также сравнить температуру на выходе из пароохладителя с экспериментальными значениями.

При создании численной модели были сделаны следующие упрощения исходной конструкции: изогнутая впрыскивающая трубка была заменена прямой, были убраны конфузоры на испарительном участке канала, а также впрыскивающие отверстия были заменены впрыскивающим кольцом, что позволило проводить расчеты в осесимметричной постановке. Упрощенная модель пароохладителя приведена на рис. 1Б.

Изначально расчетная область была покрыта блочно-структурированной сеткой, размером 65 тысяч ячеек, которая была построена при помощи пакета ICEM CFD v10.0. В целях исследования сеточной сходимости были также построены грубая и мелкая сетки (33 и 90 тысяч ячеек соответственно). Для использования пакета ANSYS-CFX построенные сетки конвертировались в неструктурированные. Численное решение по реализованному в пакете методу конечных объемов второго порядка аппроксимации находилось с двойной точностью.

Задача решалась в рамках модели стационарного турбулентного течения двухфазной жидкости при наличии теплообмена между фазами, для замыкания уравнений была выбрана модель турбулентности Ментера $k-\omega$ SST [2]. На данном этапе для решения двухфазной

задачи использовалась модель взаимопроникающих континуумов без учета переноса массы между фазами за счет испарения жидкости. При этом пар считался сжимаемым газом, а вода — несжимаемой жидкостью.

Были заданы следующие граничные условия. На вход во впрыскивающую трубку подается вода при температуре 100°C с массовым расходом 0.020064 кг/с. На вход в основной канал подается перегретый пар при температуре 480°C с массовым расходом 0.01469 кг/с. На выходе из расчетной области задается давление 3.34 МПа, а также мягкие граничные условия на скорость. На стенках расчетной области задавались условия адиабатичности, непроницаемости и прилипания. Расчеты проведены с использованием обобщенных пристеночных функций [3]. Параметры пара и воды были взяты из таблиц [4] при заданных значениях температуры и давления.

В первую очередь было проведено исследование сеточной сходимости для трех рассмотренных сеток. Было показано, что основная сетка достаточна для получения сошедшегося по сетке решения. Так, на рис. 2 представлены безразмерные профили температуры (T_0 — температура на оси симметрии, Y_0 — радиус канала) на выходе из расчетной области. Из представленного графика видно, что наблюдается сходимость решения по сетке.

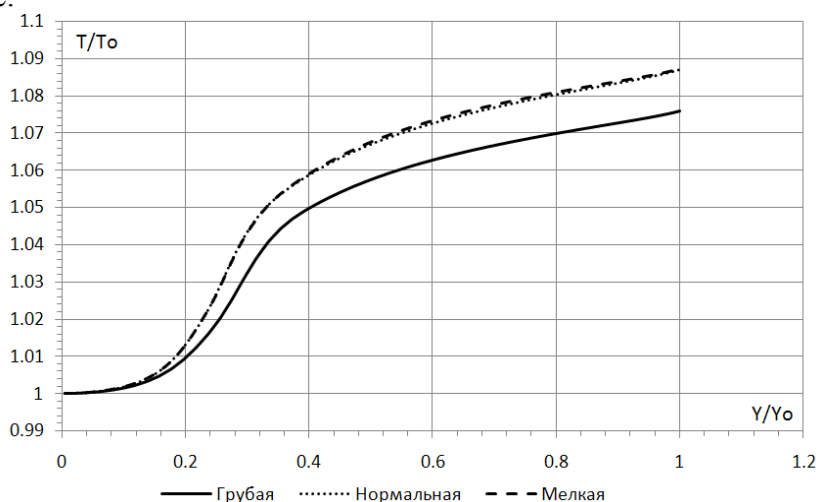


Рис. 2

Анализ решения на основной сетке показал, что полученное в расчете среднее значение температуры на выходе из пароохладителя 380°C отличается от экспериментально определенного значения в 300°C . Это отличие может быть объяснено только отсутствием в расчете учета испарения, что свидетельствует о необходимости использования более сложных моделей многофазных сред.

Таким образом, в рамках данной работы была создана модель пароохладителя, проведено исследование сходимости по сетке и показано, что полученное решение является сошедшимся по сетке. Также было показано, что для корректного моделирования работы пароохладителя необходимо учитывать процесс фазового перехода.

ЛИТЕРАТУРА:

1. А.К.Ильин, А.М.Скачков. Впрыскивающие пароохладители в судовых установках. 1968.
2. F.R.Menter. AIAA-Journal, 32(8), 1994.
3. H.Grotjans, F.R.Menter. ECCOMAS 98 Proceedings of the Fourth European Computational Fluid Dynamics Conference, John Wiley & Sons, 1998. P. 1112-1117.
4. С.Л. Ривкин, А.А. Александров. Теплофизические свойства воды и водяного пара, М. Энергия, 1980.