

АДАПТАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕЧЕНИЯ СРЕДЫ В СЛОЖНЫХ МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

В.Ю. Шашкин

По математической модели течения среды в сложных многоканальных системах разработан алгоритм, на основе которого создана прикладная программа. Приводится порядок расчета, структура программы.

Ключевые слова: математическое моделирование, алгоритм, программа.

Для расчета течения среды по сложным многоканальным системам разработана модель расчета стационарного состояния многоканальной системы последовательно-параллельных каналов произвольной заданной структуры с автоматизированным отображением структуры системы [1].

Модель расчета течений в системе последовательно-параллельных каналов строится на следующих основных положениях:

- ставится задача определения параметров (давление, массовый расход, энтальпия) стационарного режима сложной многоканальной системы произвольной заданной структуры, состоящей из набора типовых элементов;
- главными элементами системы считаются каналы, которые объединяются в систему с помощью определенного набора соединительных элементов (местные сопротивления, узлы);
- при задании конкретной структуры системы используется естественный способ описания, удобный для пользователя программного комплекса;
- отображение структуры системы производится с помощью формализованного алгоритма путем формирования матриц краевых и внутренних граничных условий;
- формирование указанных выше матриц производится на основе обобщенных линеаризованных моделей соединительных элементов.

Модели процессов в каналах строятся на основе уравнений неразрывности, сохранения количества движения и энергии, записанных в гидравлической форме.

Данный метод отображения структуры системы и исследования течений теплоносителей в системе последовательно-параллельных каналов принципиально предполагает возможность модернизации. Применение новой модели соединительного элемента приведет к коррекции элементов матриц краевых и внутренних граничных условий, тогда как общий алгоритм останется прежним. Тем самым, повышается область исследуемых систем.

Разработан алгоритм, на основе которого создана прикладная программа, позволяющая определять параметры (величину массового расхода, энтальпию теплоносителя в каналах, направление его течения, давление в каналах) стационарного состояния системы каналов произвольной заданной структуры и оперативно исследовать, как всю систему в целом, так и отдельные ее подсистемы на этапе проектирования и в процессе эксплуатации.

1. Порядок расчета

Производится описание структуры исследуемой системы. Каналы и узлы нумеруются последовательно от входа в систему к выходу. Задается предполагаемое направление течения в каждом канале. Для каждого канала задается диаметр, длина в метрах и коэффициент сопротивления трения на единицу длины канала. Описывается характер каждого узла (местное сопротивление, вход в канал, выход из канала, простой узел соединения каналов), номера каналов, для которых данный узел является началом и номера каналов, для которых этот узел является концом. В зависимости от характера узла задается диаметр проходного сечения местного сопротивления в метрах, давление в Па и энтальпия в Дж/кг среды на входе каждого из подводящих каналов, давление на выходе каждого из отводящих каналов в Па. Величина давления и энтальпии на входе зависит от исследуемого процесса. Так как, расчет ведется итерационно, задается начальное приближение массового расхода в каналах, кг/с.

Программа формирует матрицы краевых условий. На основании описания каждого узла, заполняются необходимые элементы этих матриц. Это осуществляется путем последовательного, по ходу нумерации узлов, вычисления заполняемых строк матриц и в зависимости от уравнений описывающих конкретный узел и нумерации каналов входящих в этот узел вычисления заполняемых столбцов.

Методом прогонки численно решается однородная краевая задача. Численное решение системы обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка с заданными начальными условиями (задачи Коши) осуществляется методом Рунге-Кутты.

Полученные на текущей итерации значения массовых расходов в каналах системы сравниваются с массовыми расходами с предыдущей итерации. Если расхождение больше заданной точности, то с найденными значениями вновь формируются матрицы краевых условий и повторяется расчет. Итерационный процесс продолжается до сходимости.

В результате определяются давление в Па и энтальпия в Дж/кг на входе и выходе каждого канала, массовый расход в каждом канале системы в кг/с.

2. Подпрограммы

Программа состоит из следующих подпрограмм:

MAIN – ввод исходных данных, задание начальных приближений расчета, проверка окончания итерационного процесса, вывод результатов расчета в файл, обращается к подпрограммам PROG, MATRPRCH.

MATRPRCH – построение матриц краевых условий

PROG – реализация метода прогонки (сведения к задаче Коши), решение задачи Коши, обращается к подпрограммам RKGS, SIMQ.

RKGS – решение системы обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка с заданными начальными значениями, обращается к подпрограммам FST, OUP.

SIMQ – решение неоднородной системы линейных алгебраических уравнений.

FST1 – вычисление правых частей (производных вектора Y в точке X) системы дифференциальных уравнений для данных значений X и Y при реализации метода прогонки, обращается к подпрограмме INTRP.

FST2 – вычисление правых частей (производных вектора Y в точке X) системы дифференциальных уравнений для данных значений X и Y при решении задачи Коши, обращается к подпрограмме INTRP.

OUP – запись промежуточных значений получаемых в ходе работы программы и необходимых для последующих итераций.

INTRP – интерполирование значений давления, энтальпии, массового расхода и их производных по длине канала.

Графическое изображение структуры программы приведено на рисунке 1.

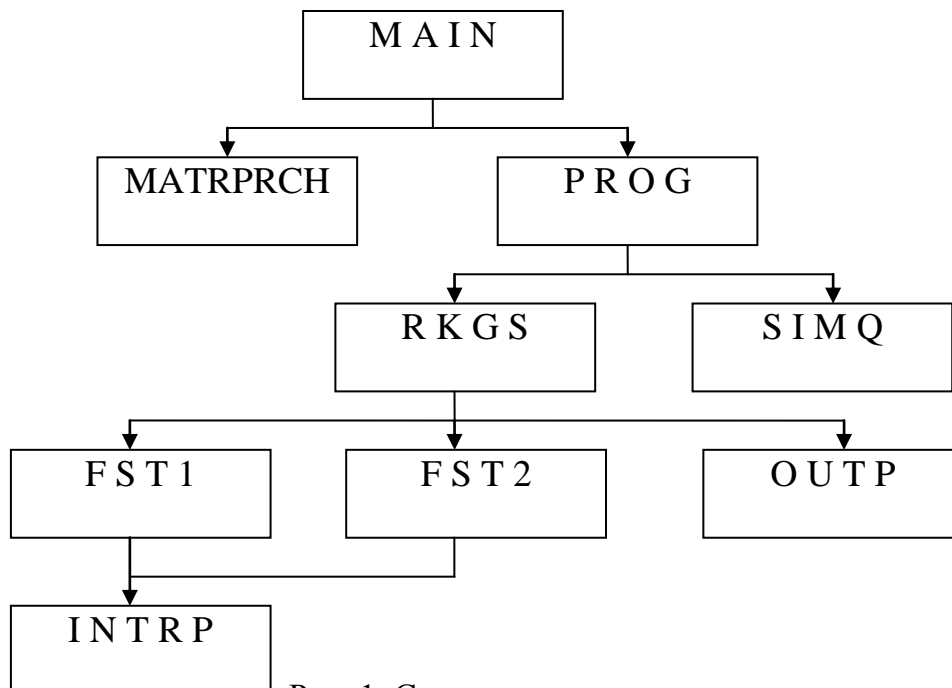


Рис. 1. Структура программы

Программа работает в диалоговом режиме. Ввод исходных данных осуществляется либо с клавиатуры, либо из специально создаваемого файла исходных данных и определяется структурой рассчитываемой системы каналов. Вывод результатов расчета производится в файл. Язык программирования Fortran.

Выводы

1. Разработан алгоритм описания сложной многоканальной системы – порядок нумерации каналов и узлов многоканальной системы. При этом количество каналов водящих в систему может превышать 1000, а схема их соединения быть любой сложности.
2. Программа применена для расчета течения теплоносителя по насадке с горизонтальными каналами регенеративного теплообменного аппарата.

Библиографический список

1. Шашкин, В.Ю. Математическое моделирование течения среды в сложных многоканальных системах / В.Ю. Шашкин // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Энергетика». – 2009. – Вып. 12. – № 34(167). – С. 41–44.