теплового расчета нас удовлетворяет, конструкция камеры получилась достаточно теплоемкая, конструкционно надежная и не дорогостоящая.

Проведенные в данной статье исследования позволяют выполнять конструкторские работы по проектированию нового стенда электротермотренировки. Его конструкция позволит использовать различные конфигурации под нужды конечного потребителя, а камера тепла имеет наилучшие технические и нормированные характеристики, аналогов которой в Российской Федерации не существует.

1. Чернышев А.А. Основы надежности полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. – М.: Радио и связь, 1988. – 256 с.
2. Горлов М.И. Современные диагностические методы контроля качества и надежности полупроводниковых изделий / М.И. Горлов, В.А. Сергеев; под науч. ред. М.И. Горлова. – 2-е изд. – Ульяновск: УлГТУ, 2015. – 406 с.
3. Технологические тренировки интегральных схем/ М. Горлов, А. Строгонов, Д. Митрофанов // Компоненты и технологии. – 2009. – № 4. – С.196-199.

Лепешинский И.А., Решетников В.А., Кучеров Н.А., Зотикова П.В.

Метод расчета эжектора с двухфазным рабочим телом

*ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный
исследовательский университет)»
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/sr-10-06-2021-24

Аннотация

В данной работе рассматривается метод расчёта прямой задачи в эжекторе с двухфазным рабочим телом, профиль которого определяется на основе обратной задачи одномерного течения. При этом в одномерной задаче задаётся распределение давления в виде двух-параметрической функции, обеспечивающей автоматическое выполнение граничных условий.

Ключевые слова: двухфазное рабочее тело, газ, капли, эжектор, прямая задача, обратная задача.

При решении прямой задачи течения в канале с двухфазным рабочим телом возникает проблема выбора профиля канала, обеспечивающего получение определенных характеристик устройства при заданных граничных условиях. Поскольку задача является краевой, подбор профиля канала методом последовательного приближения вызывает серьезные трудности, в особенности, если задача неоднородная. В работе [1], был предложен метод решения одномерной задачи на основе задания распределения закона распределения давления, обеспечивающего автоматическое выполнение граничных условий, и сводящего краевую задачу к задаче Коши. В работах [2,3] метод был успешно опробован для расчета течений в соплах с двухфазным рабочим телом. В данной работе рассматривается использование этого метода для расчета неоднородного течения в эжекторе с двухфазным рабочим телом. Метод заключается в следующем. Для решения задачи задаются граничные условия на входе в эжектор, и статическое давление на выходе из эжектора. Формируется или используется одномерная модель расчета, учитывающая необходимые особенности рассматриваемой задачи. Система замыкается двухпараметрическим законом распределения давления [1] в виде

$$\bar{P} = \frac{1 + \frac{1}{\Pi_3}}{2} + \frac{1 - \frac{1}{\Pi_3}}{2} \operatorname{sign} \left[\cos \left(\pi \left(\frac{x}{l_{\text{эж}}} \right)^m \right) \right] \cdot \left| \cos \left(\pi \left(\frac{x}{l_{\text{эж}}} \right)^m \right) \right|^n, \quad (1)$$

Здесь $\bar{P} = \frac{P}{P_0}$ - безразмерное давление, $l_{\text{эж}}$ - длина эжектора, x - текущая

координата вдоль оси эжектора, так что $0 \leq x \leq l_{\text{эж}}$, $\Pi_3 = \frac{P_n}{P_0}$, m_1 и m_2 - константы

характеризующие закон распределения. Индекс «0» обозначает параметры на входе в эжектор, индекс «n» параметры окружающей среды. Решается обратная задача в одномерном приближении, в результате определяется профиль канала эжектора. Полученный профиль канала используется для расчета двумерного течения в эжекторе. Пример такого расчета рассматривается ниже. Для проведения одномерного расчета задавались следующие граничные условия: начальная скорость воздуха и водяных капель 122 м/с, расход жидкости 1 кг/с, расход воздуха 25 г/с, температура фаз 300 К статическое давление на выходе 1 атм., а на входе 0.9 атм. С использованием этих граничных условий на основе решения обратной одномерной задачи была получена геометрия канала, представленная на рис. 1.

Рисунок 1. Профиль эжектора

Далее, на основе этой геометрии, в пакете Ansys Fluent при заданных на входе расходах и выходного статического давления было рассчитано двумерное течение в эжекторе. В расчёте использовалась гетерогенная Эйлерова модель. Сравнение данных расчётов представлено на рисунках 2, 3, 4.

Рисунок 2. Сравнение статических давлений по оси эжектора

Рисунок 3. Сравнение скоростей капель воды по оси эжектора

Рисунок 4. Сравнение скоростей воздуха по оси эжектора

Сравнение полученных результатов показывает, что отличие граничных условий одномерной и двумерной задачи не превышает одного процента. Это подтверждает возможности предлагаемого метода для решения прямых задач расчета двухфазных и однофазных течений в эжекторах, соплах и различных каналах.

1. Лепешинский И.А. Газодинамика одно- и двухфазных течений в реактивных двигателях. – М.: Изд-во МАИ, 2003. – 276 с.: ил.
2. Лепешинский И.А., Антоновский И.В., Гузенко А.А., Истомин Е.А., Решетников В.А. Оптимизация двухфазных течений с помощью решения обратной задачи. МЖГ 1916, №1. с.72-77.
3. Лепешинский И.А., Кучеров Н.А., Карпекина Э.О. «Расчёт сопла Лаваля методом решения обратной задачи». Материалы XIII Международной конференции по прикладной математике и механике в аэрокосмической отрасли (АММАГ'2020), 6–13 сентября, 2020 г., Алушта. — М.: Изд-во МАИ, 2020. С. 43-45
4. Лепешинский И.А. Теоретическое исследование течения в сопле с двухфазным рабочим телом//Теплофизика высоких температур. 1974.Т12. №3. С.578-584
5. Лепешинский И.А., Антоновский И.В., Гузенко А.А., Зуев Ю.В., Истомин Е.А., Решетников В.А. Решение краевых задач двухфазных течений на основе обратной задачи. Материалы XIX Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС'2015), 24–31 мая 2015 г., Алушта. — М.: Изд-во МАИ, 2015. С. 48 – 486
6. Лепешинский И. А., Яковлев А. А., Молессон Г. В., Воронцовский А. В., Онес В. И, Ципенко А. В. Численное и экспериментальное исследование газокapельного течения в сопле с большими концентрациями дисперсной фазы. Математическое моделирование, 14:7 (2002), 121–127
7. Зуев Ю.В., Лепешинский И.А., Решетников В.А., Истомин Е.А. Особенности двухфазных струй с большой концентрацией дисперсной фазы // Математическое моделирование. 2012. Т. 24, № 1. С. 129-142.