

Профилирование оптимального кольцевого сопла с многокомпонентным рабочим телом

М.А. Карташева

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Южно–Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)

Рассматривается задача построения оптимальной (обеспечивающей максимальное значение тяги) конфигурации кольцевого сопла внешнего расширения с многокомпонентным рабочим телом [1].

Поиск оптимальной конфигурации кольцевого сопла проводится путем решения вариационной задачи, при постановке которой в число оптимизируемых параметров включаются геометрические характеристики сопла (при этом параметры конденсированной фазы и показатель изэнтропии k , а также располагаемый перепад давлений в сопле p_o/p_n считаются постоянными), и которая сводится к задаче нелинейного программирования [2].

Основными элементами данного подхода являются прямые расчеты поля течения и метод поиска экстремума функций многих переменных, что делает его применимым ко всем газодинамическим задачам, для которых известны методы расчета поля течения, в том числе и для кольцевых сопел с многокомпонентными потоками.

Процедура оптимизации геометрической конфигурации кольцевого сопла представляет собой сочетание аналитических методов построения оптимизируемого функционала и задания геометрического профиля кольцевого сопла, с методами поиска экстремума целевой функции, являющейся функцией нескольких переменных, и прямыми расчетами поля течения с помощью численных методов. Построение оптимального по тяге кольцевого сопла проводится в условиях заданных ограничений на его геометрические характеристики.

Прямые расчеты поля течения проведены для многокомпонентной среды с моно– и полидисперсной конденсированной фазой.

Для поиска экстремума целевой функции использованы различные методы с дискретным шагом и с минимизацией по направлению.

Построены оптимальные конфигурации кольцевых сопел с многофазным полидисперсным рабочим телом при заданных геометрических параметрах кольцевого сопла и параметрах многофазной смеси. Проведено сравнение оптимальных по тяге кольцевых сопел с многофазным рабочим телом с оптимальными кольцевыми соплами для чистого газа. Построены оптимальные кольцевые сопла для смеси газа и полидисперсного конденсата при различных условиях, ограничивающих выпадение частиц конденсированной фазы на стенки сопла.

Результаты математического моделирования получены с применением высокопроизводительных вычислений на суперкомпьютере «СКИФ-Аврора ЮУрГУ» ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) с производительностью до 117 TFlops.

Литература

1. Карташев, А.Л. Математическое моделирование течений в кольцевых соплах: монография/А.Л. Карташев, М.А. Карташева. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – 158 с.
2. Бутов, В.Г. Применение методов нелинейного программирования для решения вариационных задач газовой динамики/В.Г. Бутов, И.М. Васенин, А.И. Шелуха// ПММ. – 1977. – Т. 41. – Вып.1. – С.59-64.