

КОРРЕКТНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ОСРЕДНЕННЫХ ПО РЕЙНОЛЬДСУ УРАВНЕНИЙ НАВЬЕ–СТОКСА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА РАСХОДА УТОПЛЕННЫХ СОПЕЛ

Сабирзянов А.Н., Нигматуллин Б.Д., Бекеров А.Р.
КНИТУ – КАИ, г. Казань, ANSabirzyanov@kai.ru

Ключевые слова: ракетный двигатель твердого топлива, утопленное сопло, коэффициент расхода, вычислительная гидродинамика, моделирование.

Односопловая конструктивная схема ракетного двигателя твердого топлива (РДТТ) позволяет использовать утопленное сопло, что обеспечивает определенные преимущества. Однако утопленность значительно изменяет газодинамическую структуру потока в предсопловом объеме, появляется вероятность образования вихрей, изменяются параметры и структура потока в пристеночной области по входному участку сопла. Эффективность входного участка сопла как газодинамического устройства определяется коэффициентом расхода, который закладывается при проектировании, и определяется по статистическим данным. В инженерных целях, для учета конструктивных особенностей утопленного сопла и проточного тракта РДТТ, целесообразно применять осредненные по Рейнольдсу уравнения Навье–Стокса (RANS) для прогнозирования коэффициента расхода. В связи с этим возникает вопрос о корректности применения RANS подхода на основе сопоставления результатов моделирования по вихреразрешающим моделям.

Корректное описание изменений структуры потока в предсопловом объеме утопленного сопла, на входе в него и по длине участка использовался метод крупных вихрей (LES) с различными подсеточными функциями. Объектом исследования являлось утопленное сопло с непроницаемой стенкой. Исследования проведены средствами продукта ANSYS Fluent в идеальной газовой адиабатной подстановке. При использовании RANS подхода расчеты выполнены в осесимметричной постановке с применением различных моделей турбулентности и сеток разного качества, определив сеточную независимость решения. При LES подходе использовались осесимметричные и секторные объемные сеточные модели. Анализ результатов определил корректность RANS подхода и границы отклонения прогнозируемого значения коэффициента расхода.

Сведения об авторах

Сабирзянов Андрей Наилевич, канд. техн. наук, доцент. Область научных интересов: рабочие процессы в тепловых двигателях, вычислительная гидродинамика.

Нигматуллин Булат Дамирович, студент. Область научных интересов: рабочие процессы в РДТТ.

Бекеров Альберт Русланович, аспирант. Область научных интересов: рабочие процессы в РДТТ, теплообмен, моделирование.

CORRECTNESS OF APPLICATION OF THE REYNOLDS-AVERAGED NAVIER–STOKES EQUATIONS FOR PREDICTION OF THE FLOW RATE OF RECESSED NOZZLES

Sabirzyanov A.N., Nigmatullin B.D., Bekerov A.R.
KNRTU – KAI, Kazan, ANSabirzyanov@kai.ru

Keywords: solid propellant rocket motor, recessed nozzle, flow rate, computational fluid dynamics, modelling.

The correctness of the application of the Reynolds-averaged Navier-Stokes equations was carried out on the basis of comparing the simulation results using vortex-resolving models. The boundaries of the divergence of the predicted value of the discharge coefficient was revealed.