

УДК.533.17

МЕТОДИКА ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ СВЕРХЗВУКОВОЙ ПЕРЕРАСШИРЕННОЙ СТРУИ

магистрант В.М.Толкачева

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» имени Д.Ф.Устинова

Успешное проектирование стартовых установок ракет различного назначения должно обеспечиваться данными по ожидаемым нагрузкам от действия высокоэнергетичных газовых струй двигательной установки. Опасность высокого уровня силового и теплового нагружения корпуса носителя и элементов стартового устройства обуславливается большой мощностью газовых струй продуктов сгорания высокоэнтальпийных топлив. Это нагружение может превышать допустимое в отдельности или в совокупности с нагрузками других видов, что может привести к разрушению элементов конструкции стартовой установки, поскольку тепловые нагрузки во время старта соизмеримы с нагрузками на спускаемые аппараты (плотности тепловых потоков достигают 10^6 Вт/м^2)

Поэтому важно в ходе проектирования стартовой установки определить величину тепловых нагрузок, действующих на элементы стартовой установки, для гарантии безаварийного старта, то есть необходимо знать конвективных тепловых потоков, подходящие к ним.

В данной работе рассмотрен пятисопловый ракетный двигатель твёрдого топлива, со следующими характеристиками: температура газа в камере сгорания $T_0=2740 \text{ К}$, давление в камере сгорания $p_0=25 \text{ Мпа}$, показатель адиабаты продуктов сгорания $\gamma=1,24$, расход продуктов сгорания $\dot{m}=16 \text{ кг/с}$.

Расчёт температуры факела проводился с помощью метода конечных объёмов. Основа метода заключается в том, что расчётная область с помощью сетки разбивается на совокупность конечных объёмов. Узлы, в которых ищется решение, находятся в центрах этих объёмов. Для каждого объёма должны выполняться законы сохранения массы, количества движения и энергии. То есть, например, изменение во времени массы среды в контрольном объёме может происходить только за счёт внешнего потока массы, входящего в объём, или за счёт потока массы из данного объёма выходящего. Все расчёты, а также построение геометрии и расчётной сетки проводились в программном комплексе Ansys Fluent.

Стационарные или нестационарные течения вязкого сжимаемого газа описываются системой уравнений гидромеханики в состав которых входят уравнения неразрывности, движения и энергии. Для расчетов турбулентных течений используется осреднение по Рейнольдсу этих уравнений с последующим замыканием полученных уравнений. Метод осреднения Рейнольдса заключается в замене случайно изменяющихся характеристик потока (скорость, давление, плотность) суммами осреднённых и пульсационных составляющих. Вышеприведённые уравнения были дополнены $k-\omega-SST$ моделью турбулентности. Граничные условия: на границе, через которую жидкость поступает в расчетную область, было задано распределение полного давления и полной температуры; на границе, через которую жидкость покидает расчетную область, выставлены мягкие граничные условия, выражающие собой условие равенства нулю производной по нормали к границе. Расчитанная температура в выходном сечении сопла, на оси струи в первой и второй бочке составила соответственно: 800, 450, 700 К. Скорость в тех же сечениях составила: 2200, 2400, 1800 м/с.

Таким образом, разработана методика и программного обеспечение расчёта параметров сложной перерасширенной струи, которые являются исходными данными для последующей оценки работоспособности стартовой установки.