

ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАМЕР РДМТ НА КИСЛОРОДНО-ВОДОРОДНОМ ТОПЛИВЕ

Ваулин С.Д., Салич В.Л.
ЮУрГУ, г. Челябинск

Появление большого числа схем организации рабочего процесса в камерах ракетных двигателей малой тяги (РДМТ) связано, в основном, с отсутствием в настоящее время надежных методов расчета процессов смесеобразования и преобразования топлива в продукты сгорания. По этой причине требуется проведение дорогостоящей экспериментальной отработки, число натурных экземпляров при которой может составлять несколько десятков, в то время как в современных условиях жесткой конкуренции на мировом рынке космических услуг, наряду с повышенными требованиями к техническим параметрам предъявляются особые требования к минимизации сроков и затрат на создание ракетно-космической техники.

Важнейшей мировой тенденцией последних десятилетий является возрастающее внедрение в процесс проектирования САЕ-систем (Computer-Aided Engineering), создаваемых на базе последних достижений в предметных областях естественных наук, вычислительной математики и компьютерных технологий, и позволяющих проводить расчетно-теоретические исследования различных вариантов конструкций еще на ранних стадиях проектирования. Это дает возможность значительно снизить сроки и финансовые затраты на создание РДМТ за счет частичного сокращения или исключения длительного и дорогостоящего этапа сравнительных испытаний.

Результатом настоящей работы явилось создание камеры РДМТ на перспективном кислородно-водородном топливе. В процессе проектирования использовалась система ANSYS CFX, в которой была реализована математическая модель течения многокомпонентного гомогенного рабочего тела с учетом смесеобразования и горения, подробно представленная в [1]. Расчеты выполнялись на суперкомпьютере «Торнадо» Южно-Уральского государственного университета.

Результаты моделирования исходного варианта камеры КВ-1 выявили ее неработоспособность из-за высоких температур в области элементов конструкции (наружное охлаждение не предусматривалось), в связи с чем было принято решение эту камеру не изготавливать. По результатам расчетно-теоретических исследований конструкция камеры сгорания видоизменялась (всего было исследовано 16 вариантов) до тех пор, пока не удалось достичь высокой полноты сгорания с наличием вблизи элементов конструкции зон с пониженными температурами (рис. 1).

Изготовленная камера КВ-16 прошла огневые испытания, которые подтвердили ее работоспособность (максимальное время одного включения (лимитировалось запасом водорода) составило ~ 23 с.) и показали приемлемые энергетические характеристики. Следует отметить, что расчетно-теоретические исследования, позволившие получить «с листа» высокоэффективную конструкцию камеры РДМТ, были выполнены в течение одного месяца, что еще раз убедительно демонстрирует преимущества использования численного моделирования в процессе проектирования.

В процессе расчетно-теоретических исследований также было показано, что при закрученной подаче газообразных компонентов топлива в камере сгорания могут реализовываться завышенные давления за счет значительной динамической составляющей полного давления, обусловленной окружной скоростью. Последнее обстоятельство приводит к завышенным значениям расходного комплекса, определенного по давлению в камере сгорания. Следовательно, при экспериментальных исследованиях камер замер тяги является обязательным.

В докладе представляются варианты конструкций камер РДМТ, результаты расчетно-теоретических исследований, сравнение результатов расчетов с экспериментальными данными, демонстрируются случаи, когда в камере сгорания с низкоэффективной организацией рабочего процесса реализуется завышенное давление и определенный по нему коэффициент расходного комплекса.

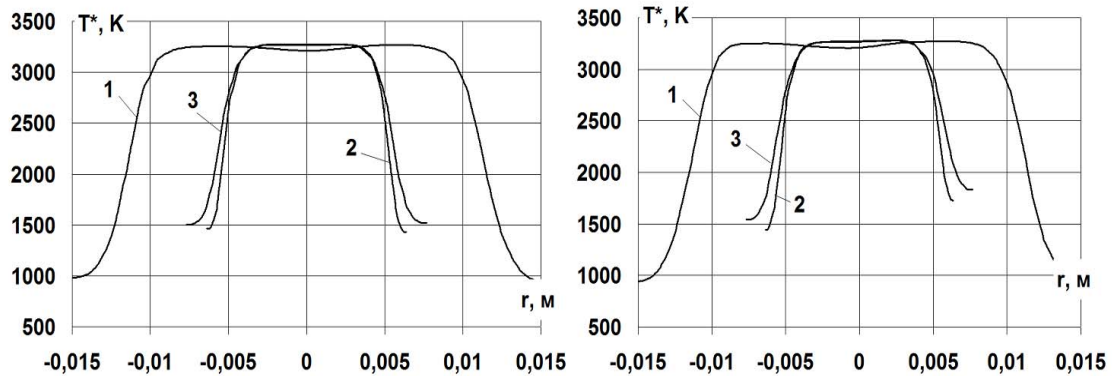


Рис. 1. Распределение температуры торможения рабочего тела в камере KB-16 вдоль взаимно перпендикулярных диаметральных линий: 1- вход в сопло, 2 – критическое сечение, 3 – срез сопла

Работа выполнена за счёт субсидий на финансовое обеспечение госзадания «Научные основы разработки управляемых газоструйных систем».

Литература

1. Ваулин С.Д., Салич В.Л. Методика проектирования высокоэффективных ракетных двигателей малой тяги на основе численного моделирования внутрикамерных процессов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Машиностроение», №12 (271), выпуск 19 – Челябинск.: ЮУрГУ, 2012 – С.43-50.