

УДК 621.454.3, 536.8, 519.6

ВЛИЯНИЕ ВЫГОРАНИЯ ЗАРЯДА НА ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УТОПЛЕННОГО СОПЛА

Кириллова А. Н., Сабирзянов А. Н.

Казанский национальный исследовательский технический университет
имени А. Н. Туполева, г. Казань

Совершенство пространственного течения продуктов сгорания, потери полного давления и трение в дозвуковой части сопла оценивают коэффициентом расхода μ_c . Возможность применения современных численных методов в пакете программы ANSYS Fluent для моделирования газового потока в осесимметричных звуковых и сверхзвуковых соплах в идеально-газовом приближении для оценки коэффициента расхода представлена в работе [1].

Коэффициент расхода зависит от различных геометрических характеристик сопла, в том числе, существует зависимость от степени сужения $F_M/F_{вх}$ (F_M – площадь минимального сечения, $F_{вх}$ – площадь входного сечения сопла) [2]. Особенность расположения заряда в камере сгорания РДТТ позволяет говорить об изменении степени сужения сопла во время работы двигателя. В РДТТ часто используется утопленное (вдвинутое) в камеру сгорания сопло, что обусловлено экономией габаритных размеров двигателя с сохранением высокого удельного импульса относительно укороченного сопла. Для большинства современных РДТТ относительная длина утопленной части $\bar{L}_{ym} < 4$ ($\bar{L}_{ym} = 2 \cdot L_{ym}/d_m$, где d_m - диаметр минимального сечения сопла, L_{ym} – длина утопленной части сопла), относительный расход с части заряда над утопленным соплом $\bar{m}_{ym} < 20\%$ ($\bar{m}_{ym} = m_{ym}/m_\Sigma$, где m_{ym} - расход над утопленной частью сопла, m_Σ - суммарный расход продуктов сгорания) и уменьшается по мере выгорания заряда, а среднеинтегральная величина потерь удельного импульса составляет $\xi_{ym} = 0,3..0,5\%$ [3].

Целью данной работы является оценка влияния выгорания заряда (изменения степени сужения) на коэффициент расхода сопел с различной степенью утопленности.

Объектом исследования являлись осесимметричные камеры РДТТ с канальным зарядом, имеющим щелевой компенсатор в области переднего днища и профилированное сопло с различной степенью утопленности (рис.1). Щелевой компенсатор, предназначенный для обеспечения нормального закона горения топлива в процессе работы, для возможности реализации осесимметричного моделирования заменен сечением с эквивалентным расходом, расположенным перпендикулярно к оси. Под степенью утопленности \bar{L}_{ym} в данной работе понимается отношение утопленной в камеру двигателя части сопла L_{ym} к полной длине сопла L .

Моделирование проводилось в расчетной среде ANSYS Fluent в осесимметричной, адиабатной, стационарной постановке в рамках идеально-газового приближения. В качестве граничных условий на входе задавалось равномерное распределение расхода с поверхности заряда (температура, температурные зависимости свойств среды, параметры турбулентности потока), на выходе дополнительного объема, необходимого для моделирования истечения свободной струи – постоянство атмосферного давления, стенки сопла и камеры гладкие с условиями прилипания и непротекания рабочего тела.

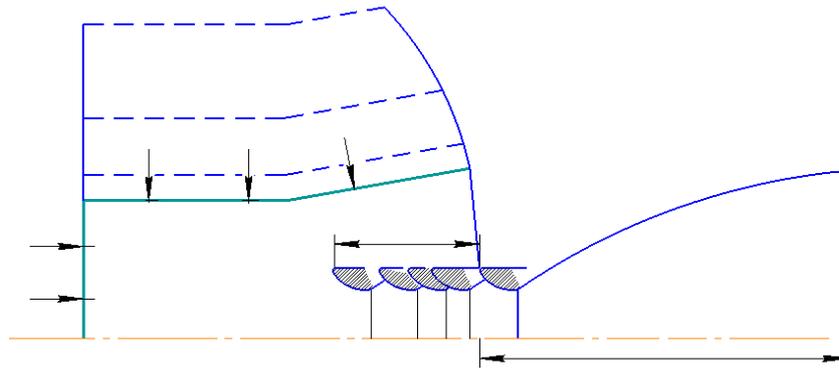


Рис. 1. Схема расчетной модели

Газодинамическая составляющая коэффициента расхода определялась:

$$\mu_c = \frac{\dot{m}}{A(k) p_{oc} F_{кр} / \sqrt{RT_{oc}}}, (1)$$

где \dot{m} – задаваемый расход; p_{oc} – значение расчетного давления в камере; T_{oc} , k и R – температура торможения, отношение теплоемкостей и равновесное значение газовой постоянной в минимальном сечении сопла, $A(k)$ – газодинамическая функция.

Полученные результаты согласуются с данными известных исследований потерь, возникающих при увеличении степени утолщенности сопла. Наибольшее влияние утолщенности достигает 0,5% для меньшей степени сужения сопла и, соответственно, на последних секундах работы исследуемого двигателя. Влияние степени сужения для различных степеней утолщенности имеет одинаковый характер изменения и лежит в диапазоне 1%, что согласуется с данными [2] для низких степеней сужения и профилированных сопел.

Библиографический список

1. Сабирзянов А. Н., Кириллова А. Н. Численное моделирование влияния геометрических параметров сопла на коэффициент расхода ДЛА. [Текст]// Проблемы и перспективы развития двигателестроения: материалы докладов междунар. научно-техн.конф. 22-24 июня 2016 г. – Самара: Самарский университет, 2016 – Ч.2. – С.39-40.
2. Лаврухин Г. Н. Аэрогазодинамика реактивных спел. Т.1. Внутренние характеристики сопел. [Текст]– М.: Наука. ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 376 с.
3. Газодинамические и теплофизические процессы в ракетных двигателях твердого топлива [Текст] / А. М. Губертов, В. В. Миронов, Д. М. Борисов, В. Н. Баскаков, Л. И. Волкова и др. Под ред. А. С. Коротеева – М.: Машиностроение, 2004. – 512 с.