

УДК 621.793+629.78

СОПОСТАВЛЕНИЕ КОНВЕКТИВНОГО И РАДИАЦИОННОГО ПОТОКОВ В ПРОВОЛОКУ В КАМЕРЕ ГАЗОГЕНЕРАТОРА

А.И. Рязанов

Научный руководитель – д.т.н., профессор А.Н. Первышин
Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С.П. Королёва

Исследованиям тепловых потоков в ракетных двигателях посвящено много работ. Сформирован ряд общепринятых закономерностей. Генераторы сверхзвуковых струй разработаны на базе ракетных двигателей малой тяги и протекание физических процессов в них аналогично. Однако слепой перенос устоявшихся суждений из теории ракетных двигателей на генераторы недопустим. Выявлению отличий в соответствующих тепловых потоках для родственных устройств и посвящена данная работа.

Рассмотрим соотношение лучистого и конвективного тепловых потоков $q_{\text{л}}/q_{\text{к}}$ в ракетном двигателе в стенку камеры сгорания, сопла. Лучистый тепловой поток $q_{\text{л}}$ в камерах сгорания без пристеночного слоя составляет обычно 15–20% от суммарного теплового потока. В сопловой части камеры доля $q_{\text{л}}$ значительно уменьшается вследствие снижения температуры газа – основного фактора, определяющего интенсивность лучистого теплообмена. В камерах с пристеночным слоем лучистый поток по абсолютному значению ослабляется этим слоем на 15–50% в зависимости от вида внутреннего охлаждения. Однако доля $q_{\text{л}}$ в суммарном тепловом потоке, наоборот, возрастает до 40–50% и более, так как конвективный тепловой поток ослабляется пристеночным слоем значительно сильнее, чем лучистый. В целом лучистый тепловой поток уступает конвективному по всему соплу и камере сгорания. С увеличением калорийности топлива соотношение $q_{\text{л}}/q_{\text{к}}$ возрастает.

Для ракетных двигателей нагрев стенок, как правило, нежелателен. Отличительной особенностью некоторых видов генераторов сверхзвуковых струй является подача в проточную часть материала с целью его нагрева. Пропановоздушный проволочный ускоритель ПВУ 410.03, относящийся к семейству генераторов, не имеет явного пристеночного охлаждающего слоя. Температура продуктов сгорания для ПВУ 410.03 приблизительно 2000К, что значительно меньше температур в ЖРД. Калорийность топлива, применяемого в газогенераторе (пропан-бутановая смесь и воздух), значительно меньше ракетных топлив. Все эти особенности ПВУ 410.03 приводят к очень значительному снижению соотношения $q_{\text{л}}/q_{\text{к}}$, и на лучистый тепловой поток от газа к подаваемой в проточную часть проволоке, по данным расчетов в критическом сечении, приходится менее 1%. Оставшиеся 99% распределяются между конвективным потоком и лучистым от стенок камеры сгорания генератора к проволоке. Лучистый поток $q_{\text{л}}$ практически не искажается наличием продуктов сгорания, т.к. их излучательная, а значит, и поглощательная способности малы. По данным расчетов, конвективный тепловой поток превалирует и составляет 80% от суммарного теплового потока, 19% приходится на лучистый теплообмен между стенкой и проволокой.

При расчетах пропановоздушных проволочных ускорителей следует пренебрегать радиационными свойствами продуктов сгорания, т.к. они незначительны. Следовательно, можно независимо рассматривать излучение стенки камеры и конвективный теплообмен от продуктов сгорания в проволоку.